Design of sections of Columns.

نسألكم الدعاء

IF you download the Free ***APP.*** **RC Structures** YASSER EL LEATHY *on your smart phone or tablet, you will be able to play illustrative movies For any paragraph that has a QR code icon*

اذا حملت تطبيق **RC Structures** YASSER EL LEATHY على تليفونك المحمول او اللوح السطحى ستستطيع أن تشغل أفلام شرح للمقاطع التى تحتوى على رمز

Design of sections of Columns. Table of Contents.

سندرس فى هذا الملف إن شاء الله
كيفيه تصميم قطاعات الاعمده المعرضه للقوى المختلفه .

دون التطرق الى تفاصيل التسليح أو التنفيذ
حيث سندرسها فى الملفات التاليه إن شاء الله

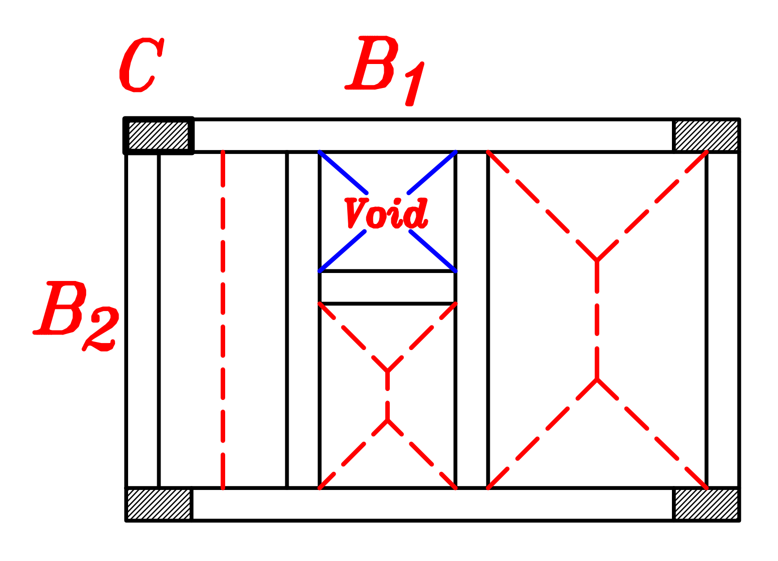
قطاعات الاعمده ممكن أن تكون معرضه ل :

1- *Axial Compression Force.* قوى ضغط محوريه

2- *Axial Compression Force & Bending moment.*
قوى ضغط محوريه و عزم انحناء

3- *Biaxial moment.* قوى ضغط محوريه و عزوم انحناء فى اتجاهين

1 – Design of Columns subjected to Axial Compression Force only.





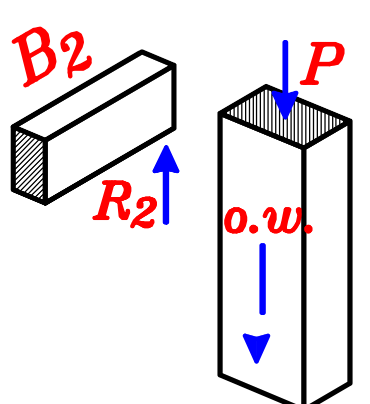
لتحديد الاحمال الرأسيه على العمود

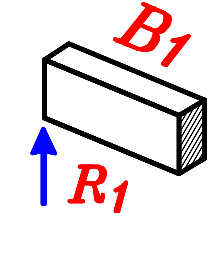
$$P = 1.1\,(R_1 + R_2) * n$$

P هى الحمل الرأسى الكلى على العمود

(R_1+R_2) هى مجموع **Reactions** الكمرات الواقعه على العمود فى الدور الواحد

n هى عدد الادوار التى يحملها العمود





نعتبر وزن العمود نفسه يساوى تقريبا ١٠ ٪
من مجموع الاوزان الواقعه عليه لذا يتم ضرب القيمه فى 1.1

- أقل نسبه تسليح فى الأعمده تساوى μ_{min}

$$\mu_{min} = \frac{A_{s\,min}}{A_{c\,(chosen)}} = 0.6\ \%$$



$$\mu_{min} = \frac{A_{s\,min}}{A_{c\,(required)}} = 0.8\ \%$$

حيث $A_{c\,(chosen)}$ هى مساحه قطاع العمود بعد تقريب ابعاده الى اقرب ٥٠ مم بالزياده

حيث $A_{c\,(required)}$ هى مساحه قطاع العمود بعد تقريب ابعاده الى اقرب ٥٠ مم بالزياده

$$A_{s\,min} = \left[\begin{array}{l} \frac{0.6}{100} * A_{c\,(chosen)} \\ \frac{0.8}{100} * A_{c\,(required)} \end{array}\right] \text{ الاكبر}$$

$$\boxed{A_{s\,min} = \frac{0.8}{100} * A_c}$$ عاده تؤخذ

- أكبر نسبه تسليح فى الأعمده تساوى $\mu_{max} = \frac{A_{s\,max}}{A_c}$

Interior col. $\mu_{max} = 4\ \%$

عمود وسطى
لان العزوم عليه صغيره جدا

Edge col. $\mu_{max} = 5\ \%$

عمود طرفى
لان العزوم عليه متوسطه

Corner col. $\mu_{max} = 6\ \%$

عمود ركنى
لان العزوم عليه كبيره

Design equation.

$$P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$$

$P_{U.L.} = 1.4\,(D.L.) + 1.6\,(L.L.) = \checkmark$ N

A_c = Area of Concrete = ✓ mm^2

A_s = Area of Steel = ✓ mm^2

F_{cu} = ✓ $N \backslash mm^2$, F_y = ✓ $N \backslash mm^2$

$$\mu = \frac{A_s}{A_c}$$

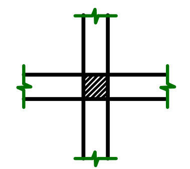
$\mu_{Economic} = 1.0\,\%$

$$A_{s\,Economic} = \frac{1.0}{100} * A_c$$

$\mu_{min} = 0.8\,\%$

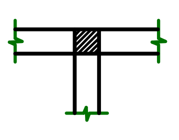
$$A_{s\,min} = \frac{0.8}{100} * A_c$$

$\mu_{max} = 4.0\,\%$



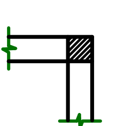
$$A_{s\,max} = \frac{4.0}{100} * A_c$$

$\mu_{max} = 5.0\,\%$



$$A_{s\,max} = \frac{5.0}{100} * A_c$$

$\mu_{max} = 6.0\,\%$



$$A_{s\,max} = \frac{6.0}{100} * A_c$$

Steps of Design of axially Loaded Columns.

Type ①

Given : $P_{D.L.}$, $P_{L.L.}$, F_{cu} , F_y

Req : Design The Sec. (Get A_c , A_s)

Solution :

$$P_{U.L.} = 0.35\,A_c\,F_{cu} + 0.67\,A_s\,F_y$$

$P_{U.L.} = 1.4\,(D.L.) + 1.6\,(L.L.) = \checkmark\ N$

Take $\mu = \mu_{Economic} = \frac{A_s}{A_c} = 1.0\,\% \longrightarrow A_s = \frac{A_c}{100}$

$\therefore P_{U.L.} = 0.35\,A_c\,F_{cu} + 0.67\left(\frac{A_c}{100}\right)F_y \longrightarrow$ Get $A_c = \checkmark\ mm^2$

, Get $A_s = \frac{A_c}{100} = \checkmark\ mm^2$

– IF the column section is a square ($b*b$)

$A_c = b^2 \qquad \therefore b = \sqrt{A_c}$

b لا تقل عن ٢٥٠ مم و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزياده .

– IF the column section is a rectangle ($b*t$)

$A_c = b*t$ Choose $b = 250\,mm \xrightarrow{Get} t = \frac{A_c}{b}$

t لا تقل عن ٢٥٠ مم و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزياده.

يفضل أخذ b تساوى ٢٥٠ مم حتى يكون سُمك العمود هو نفس سُمك الحائط .

IF $t > 5\,b \longrightarrow$ Increase b (take $t = 5\,b$)

and then get $b*t = b*5\,b = A_c \xrightarrow{get} b = \checkmark\ mm$

$t = \frac{A_c}{b} = \checkmark\ mm$

– IF the column section is a circle.

$A_c = \frac{\pi D^2}{4} \xrightarrow{Get} D = \sqrt{\frac{4A_c}{\pi}}$

D لا تقل عن ٣٠٠ مم و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزياده.

Example.

Data. $F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2$, st. 360/520

$P_{D.L.} = 2000\ kN$ $P_{L.L.} = 1150\ kN$

Req. Design a (Square , Rectangle , Circular & Hexagon) Section For the column.

Solution. $P_{U.L.} = 1.4\,(2000) + 1.6\,(1150) = 4640\ kN$

Take $\mu = \frac{A_s}{A_c} = 1.0\ \%$ $\longrightarrow$ $A_s = \frac{A_c}{100}$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67 \left(\frac{A_c}{100}\right) F_y$$

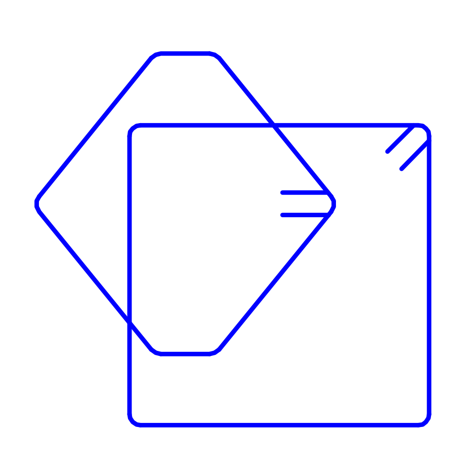
$$4640 * 10^3 = 0.35\, (A_c)(25) + 0.67 \left(\frac{A_c}{100}\right)(360)$$

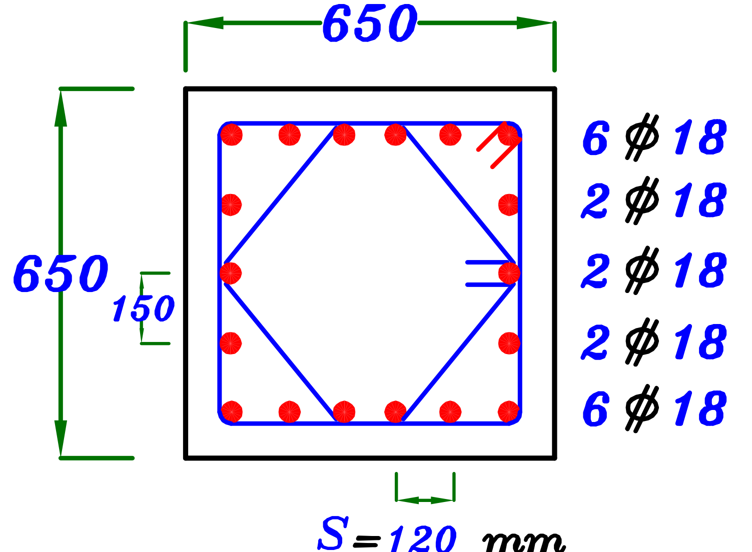
$\longrightarrow A_c = 415696.1\ mm^2 \longrightarrow A_s = \frac{415696.1}{100} = 4156.9\ mm^2$

18 ∅ 18

* For Square Section.

$b = \sqrt{A_c} = \sqrt{415696.1} = 644.7\ mm$ Take **b = 650 mm**





* For Rectangular Section.

$A_c = 415696.1 \; mm^2$

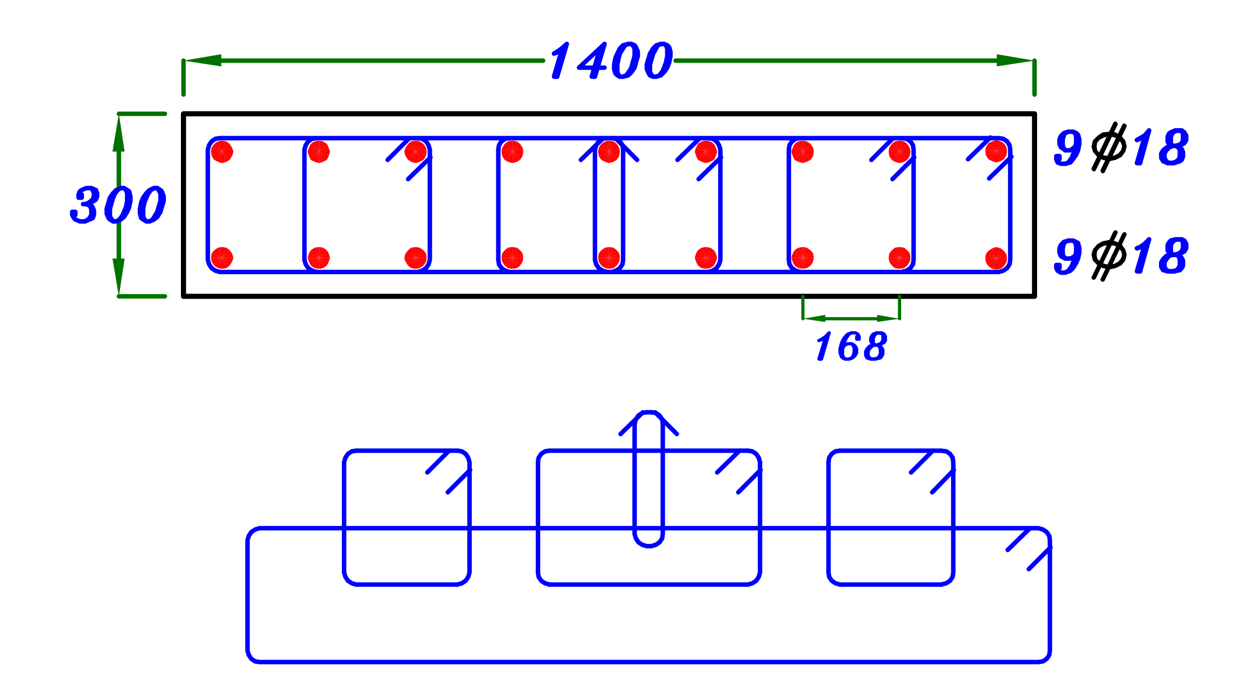
Take $b = 250 \; mm \longrightarrow t = \frac{A_c}{b} = \frac{415696.1}{250} = 1662.7 \; mm$

$t > 5b \longrightarrow$ Increase b (take $t = 5b$)

$b * t = b * 5b = 415696.1 \xrightarrow{get} b = 288$

take $\boxed{b = 300 \; mm}$

$t = \frac{A_c}{b} = \frac{415696.1}{300} = 1385.6 \; mm$ $\boxed{t = 1400 \; mm}$

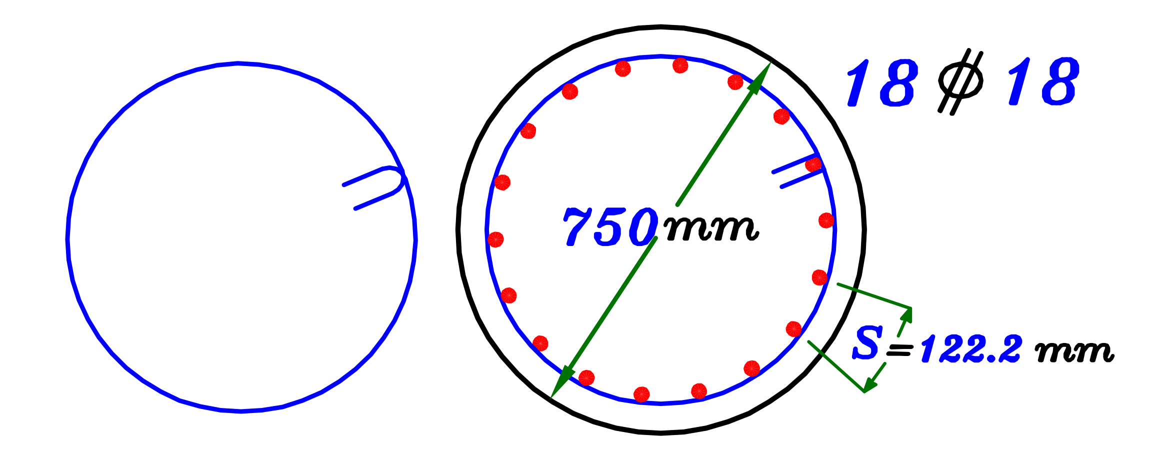


* For Circular Section.

$$A_c = 415696.1\ mm^2$$

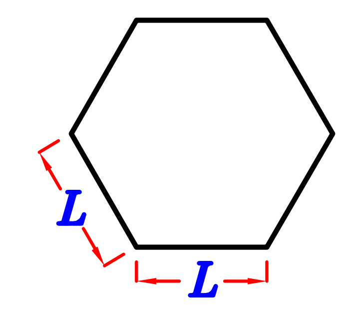
$$A_c = \frac{\pi D^2}{4} \xrightarrow{Get} D = \sqrt{\frac{4(415696.1)}{\pi}} = 727.5\ mm$$

Take $D = 750\ mm$

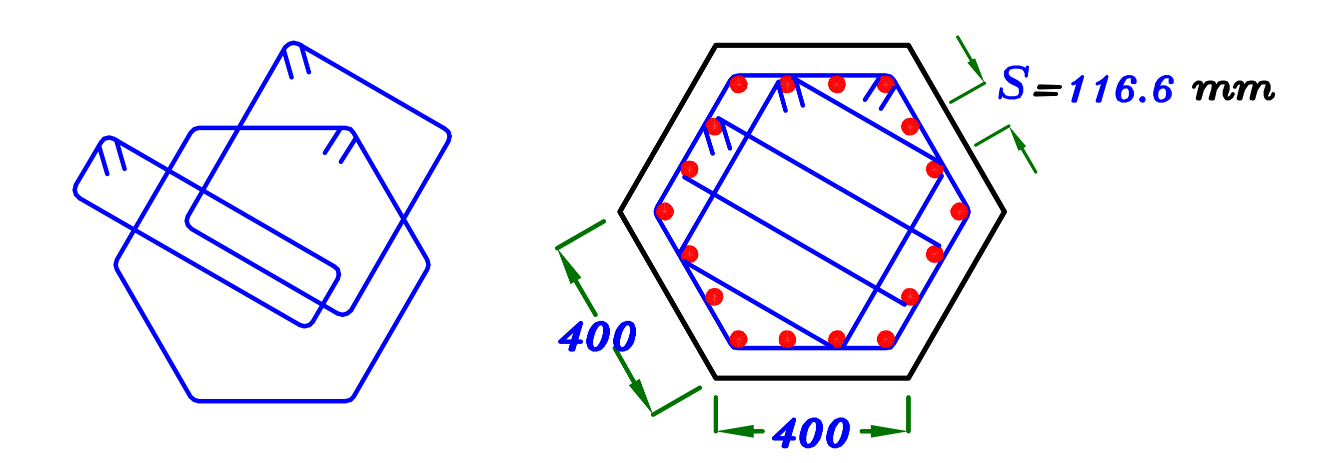


* For Hexagon Section.

$$\text{Area of hexagon} = 1.5 * \sqrt{3} * L^2$$



$$A_c = 415696.1 = 1.5 * \sqrt{3} * L^2 \longrightarrow L = 400\ mm$$



Type ②

Given : $P_{D.L.}$, $P_{L.L.}$, F_{cu} , F_y , A_c

Req : Design The Sec. (Get A_s)

Solution :

$P_{U.L.} = 1.4\,(D.L.) + 1.6\,(L.L.) = \checkmark\ N$

From $P_{U.L.} = 0.35\,A_c\,F_{cu} + 0.67\,A_s\,F_y$

$\xrightarrow{Get}$ $A_s = \checkmark\ mm^2$ $\xrightarrow{Get}$ $\mu = \dfrac{A_s}{A_c}$

Check μ_{min} & μ_{max}

IF $\mu < 0.8\,\% \longrightarrow$ $A_s = \dfrac{0.80}{100} * A_c$

IF $0.8\,\% < \mu < 4.0\,\% \longrightarrow$ $A_s = \checkmark$

IF $\mu > \mu_{max} \longrightarrow$ Increase Dimensions

$\mu > \mu_{max} \xrightarrow{Take} \mu = \mu_{max} \xrightarrow{Get} A_{c_{new}}$

$A_s = \mu_{max} * A_{c_{new}}$

$P_{U.L.} = 0.35\,A_{c_{new}}\,F_{cu} + 0.67\,(\mu_{max} * A_{c_{new}})\,F_y$

$\xrightarrow{Get}$ $A_{c_{new}} = \checkmark\ mm^2$ $\xrightarrow{Get}$ $A_s = \mu_{max} * A_{c_{new}} = \checkmark\ mm^2$

Example.

Data. $F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2$, st. 360/520

$P_{D.L.} = 1500\ kN$, $P_{L.L.} = 1000\ kN$

Req. Design an interior Column.

IF the column, (450 * 1100)
(450 * 700)
(450 * 400)

Solution. $P_{U.L.} = 1.4\,(1500) + 1.6\,(1000) = 3700\ kN$

* **For Column. (450 * 1100)**

$A_c = 450 * 1100 = 495000\ mm^2$

$\because\ P_{U.L.} = 0.35\ A_c\ F_{cu} + 0.67\ A_s\ F_y$

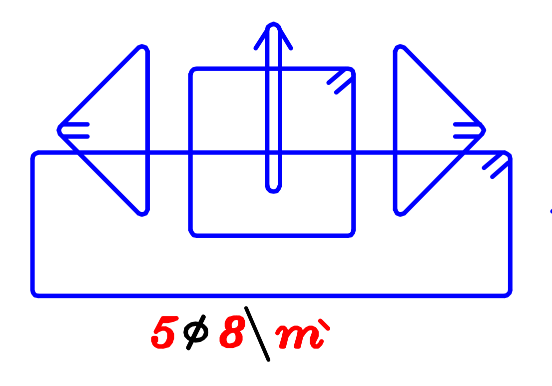
$\therefore\ 3700 * 10^3 = 0.35\,(495000)\,(25) + 0.67\ A_s\ (360)$

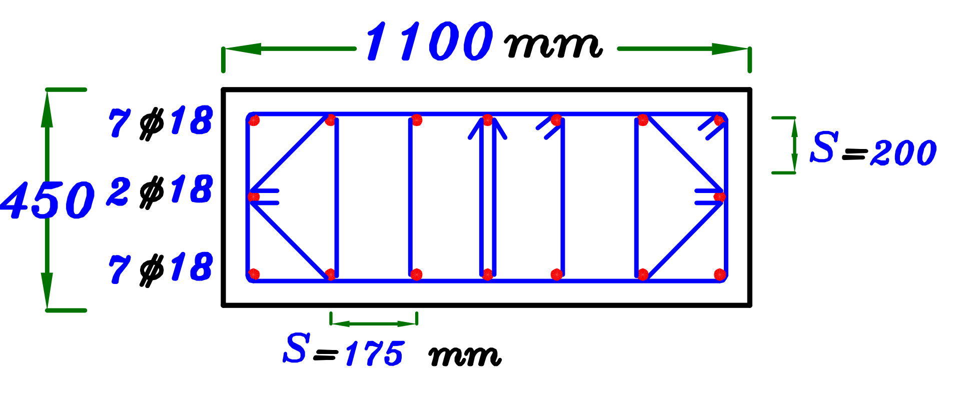
$\therefore\ A_s = -\ 2617.1\ mm^2$

$\therefore\ \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{-2617.1}{495000} = -0.0052 = -0.52\ \% < 0.6\ \%$

$\therefore$ Take $\mu = 0.8\ \%$ $\longrightarrow$ $A_s = \frac{0.8}{100} * 495000 = 3960\ mm^2$

16 ϕ 18





* For Column. (450*700)

$A_c = 450 * 700 = 315000 \ mm^2$

$\because P_{U.L.} = 0.35 \ A_c \ F_{cu} + 0.67 \ A_s \ F_y$

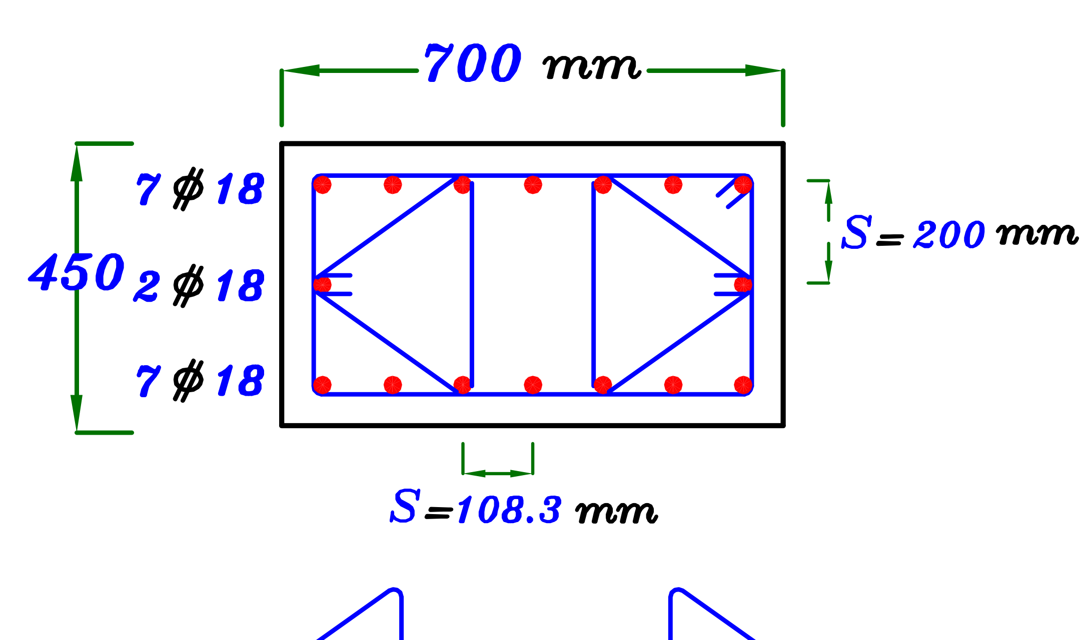
$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35 (315000)(25) + 0.67 \ A_s \ (360)$

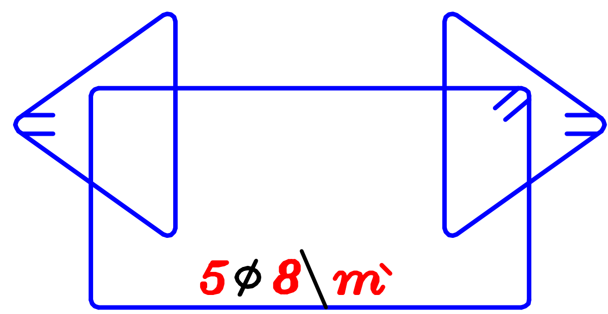
$\therefore A_s = 3912.7 \ mm^2$

$\therefore \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{3912.7}{315000} = 0.0124 \ = 1.24 \ \%$

$\therefore \mu_{min} < \mu < \mu_{max}$

$\therefore$ Take A_s as it is $\longrightarrow$ $A_s = 3912.7 \ mm^2$ **16 ϕ 18**





* For Column. (450 * 400)

$$A_c = 450 * 400 = 180000 \ mm^2$$

$$\because P_{U.L.} = 0.35 \ A_c \ F_{cu} + 0.67 \ A_s \ F_y$$

$$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35 \ (180000)(25) + 0.67 \ A_s \ (360)$$

$$\therefore A_s = 8810.1 \ mm^2 \quad \therefore \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{8810.1}{180000} = 0.0489 = 4.89 \%$$

$$\therefore \mu > \mu_{max} \ \therefore \text{Take } \mu = \mu_{max} = 4.0 \% \quad \therefore A_s = \mu_{max} * A_{c_{new}} = \frac{4.0}{100} * A_{c_{new}}$$

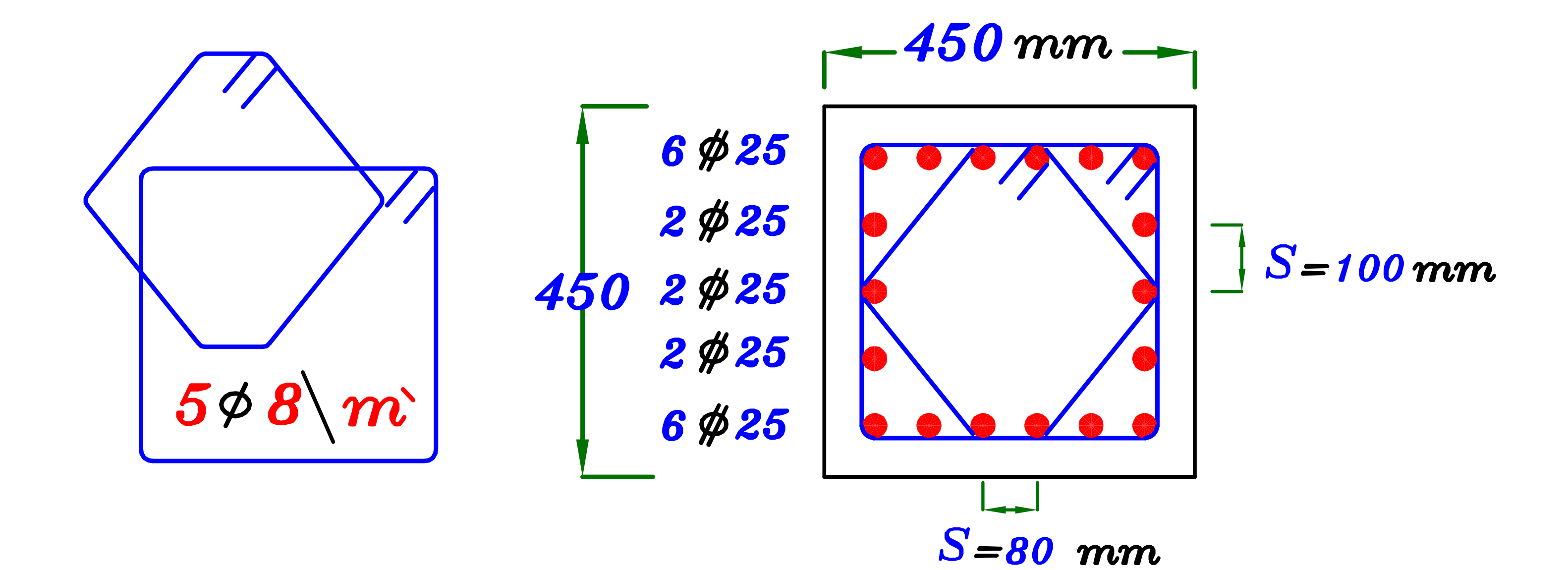
$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 \ A_{c_{new}} \ F_{cu} + 0.67 \left(\frac{4.0}{100}\right) * A_{c_{new}} \ F_y$$

$$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35 \ (A_{c_{new}})(25) + 0.67 \left(\frac{4.0}{100}\right) * A_{c_{new}} (360)$$

$$\therefore A_{c_{new}} = 201108.8 \ mm^2 \longrightarrow (450 * 450)$$

$$A_s = \frac{4.0}{100} * 201108.8 = 8044.35 \ mm^2$$

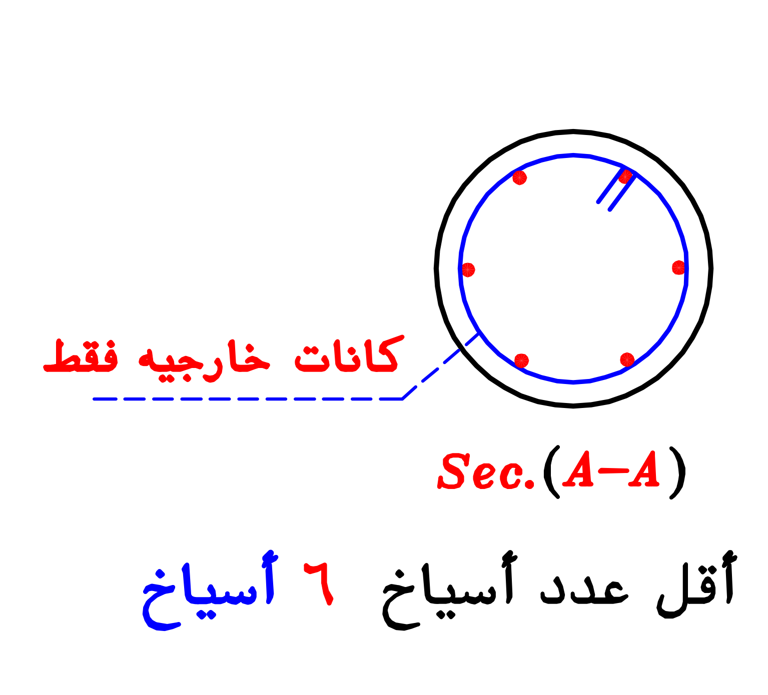
18 ϕ 25



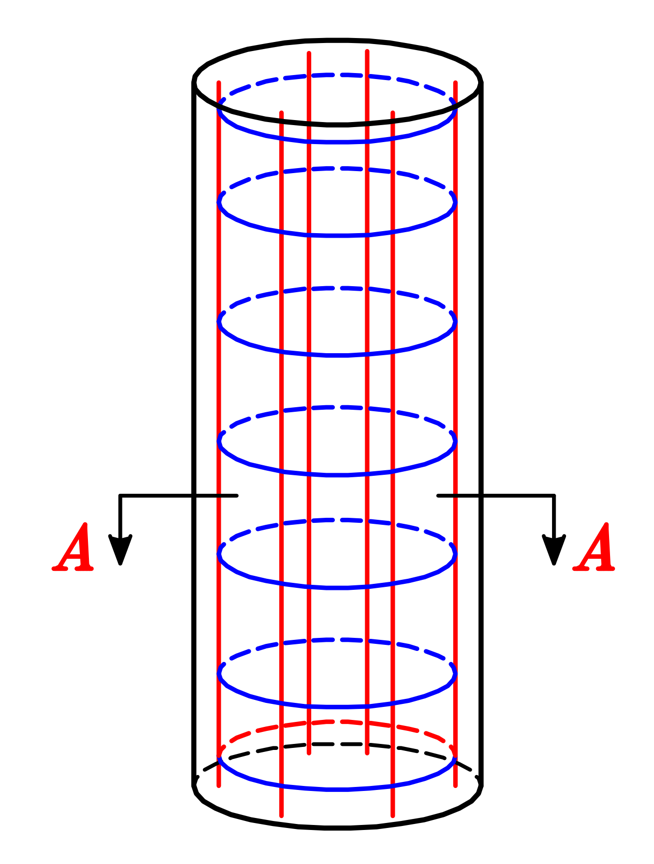


① Circular column with tied stirrups.

عمود دائرى ذو كانات دائريه منفصله



أقل عدد أسياخ ٦ أسياخ



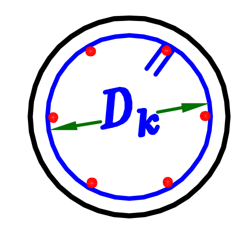
$$P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$$

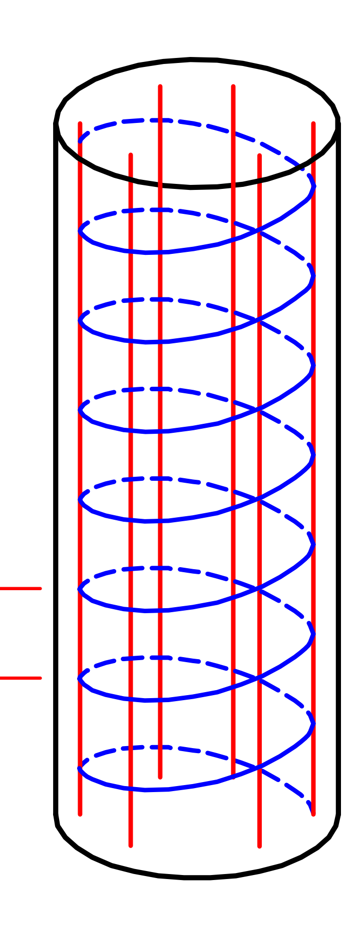
② Spiral Column. عمود دائرى ذو كانات حلزونيه

Cover = 30 mm

A_k مساحة قلب القطاع الخرسانى المحدد بدائره الكانه الحلزونيه

$$A_k = \frac{\pi D_k^2}{4}$$





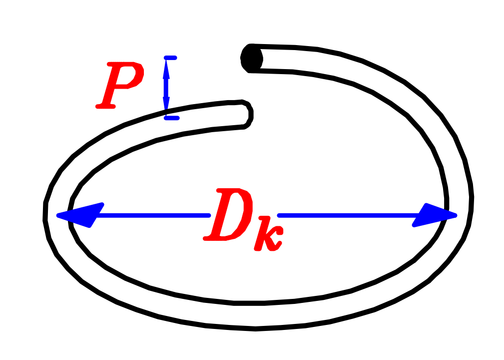
P المسافه الرأسيه بين كل دوره و أخرى (خطوه الكانه)

$P = (30\ mm \rightarrow 80\ mm)$

V_{sp} نسبه حجم الكانه الحلزونيه فى الدوره الواحده الى الخطوه الواحده .

$$V_{sp} = \frac{\text{حجم الكانه فى الدوره الواحده}}{\text{الخطوه الواحده}} = \frac{A_{sp} * \pi D_k}{P}$$

A_{sp} مساحه مقطع الكانه الحلزونيه



لتصميم *Spiral Column* عاده نستخدم قانون

$$P_{U.L.} = 0.35\ A_k\ F_{cu} + 0.67\ A_s\ F_y + 1.38\ V_{sp}\ F_{yp}$$

F_{yp} لحديد الكانه

$$F_{yp} = 360\ N\backslash mm^2$$

F_y للحديد الرئيسى

D_k

$0.35\ A_k\ F_{cu}$ هى مقدار القوه العموديه التى تتحملها الخرسانه بمفردها

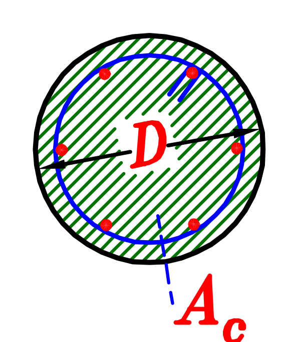
A_k

$0.67\ A_s\ F_y$ هى مقدار القوه العموديه التى يتحملها حديد التسليح بمفرده

$1.38\ V_{sp}\ F_{yp}$ هى مقدار القوه العموديه التى تتحملها الكانه الحلزونيه بمفردها

أو ممكن للتسهيل تصميم ال *Spiral Column* باستخدام قانون

$$P_{U.L.} = 1.14\ (0.35\ A_c\ F_{cu} + 0.67\ A_s\ F_y)$$



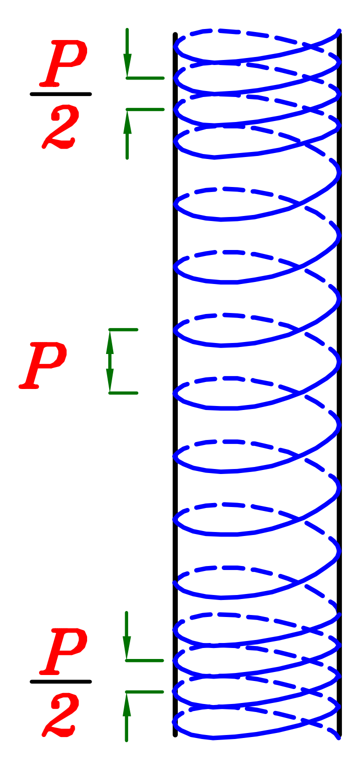
$$A_{s\,min} = \text{الاكبر} \begin{cases} \frac{1.0}{100} * A_c \\ \frac{1.2}{100} * A_k \end{cases}$$

عاده تؤخذ

$$A_{s\,min} = \frac{1.0}{100} * A_c$$

$$\mu_{sp} = \frac{V_{sp}}{A_k}$$

$$\mu_{sp} \geqslant 0.36\left(\frac{F_{cu}}{F_{yp}}\right)\left[\left(\frac{A_c}{A_k} - 1\right)\right]$$



عاده يتم تكثيف الكانات الحلزونيه

أعلى و أسفل العمود

بحيث يكون فى أخر ٣ دورات

تكون المسافه الرأسيه بين اللفات تساوى $\frac{P}{2}$

تصميم الاعمده المعرضه الى قوى ضغط محوريه و عزم انحناء

Steps of Design :

1- Get Dimensions of the section. $(b \times t)$

2- Check IF P neglected or not.

3- Get Reinforcement A_s, $A_s^{`}$

Solution:

1- Get Dimensions of the section. $(b \times t)$

Take $b = (300$ mm or 350 mm or 400 mm$)$

To get t get the bigger value of t_1 (Bending), t_2 (Normal)

- Get $d_1 = C_1 \sqrt{\dfrac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}}$ take $C_1 = 3.5$, $J = 0.78$ (as R-Sec.)

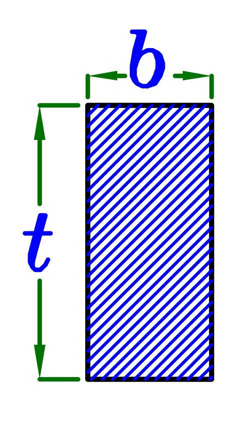
$t_1 = d_1 + cover$ where cover $= 50$ mm IF $t \leqslant 1000$ mm
$= 100$ mm IF $t > 1000$ mm

- Get t_2 $\xrightarrow{Take}$ $\mu = \dfrac{A_s}{b\, t_2} = 1.0\ \% \longrightarrow A_s = \dfrac{b\, t_2}{100}$

From $P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35\, b\, t_2\, F_{cu} + 0.67\, \frac{b\, t_2}{100}\, F_y$$

$$\therefore \boxed{P_{U.L.} = \left(0.35\, b\, F_{cu} + 0.67\, \frac{b}{100}\, F_y\right) t_2}$$



- t_o = The bigger value of t_1 & t_2

- $t = (1.1 \rightarrow 1.3)\, t_o$

2- Check:

✓✓ 1- IF $K = \frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t} \leqslant 0.04 \longrightarrow$ neglect $P_{U.L.}$

and Design the Sec. on B.M. only as Beams.

$\therefore\ d = d_1 = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}}$

take $C_1 = 3.5$, $J = 0.78$ (R-Sec.)

take $C_1 = 6.0$, $J = 0.826$ (T-Sec. , L-Sec.)

ملحوظه هامه :

فى بدايه التصميم نعمل تصميم على M, P على أن القطاع R-sec.

و لكن اذا أهملنا ال P فنعمل تصميم على M فقط فيجب مراعاه

اذا كان القطاع R-sec. or T-sec.

Get $e = \frac{M_{U.L.}}{P_{U.L.}}$

IF $\frac{e}{t} \leqslant 0.05 \longrightarrow$ neglect $M_{U.L.}$

and Design the Sec. on N.F. only as Columns.

$P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$ Take $\mu = 1.0\,\%$

$\therefore\ P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, \frac{A_c}{100}\, F_y$

Get A_c , A_s

ممكن إهمال هذه الخطوه

IF $K = \frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t} > 0.04$ Design the Sec. on both B.M. & N.F.

3 – Get Reinforcement A_s, A_s'

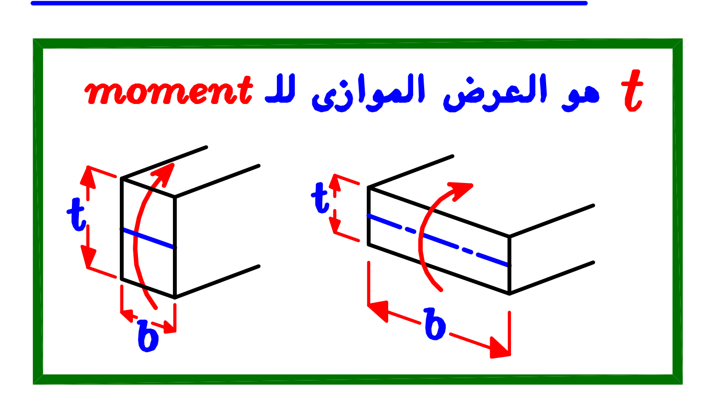
لحساب كميه الحديد طريقتين : ١ – طريقه دقيقه (صعبه)

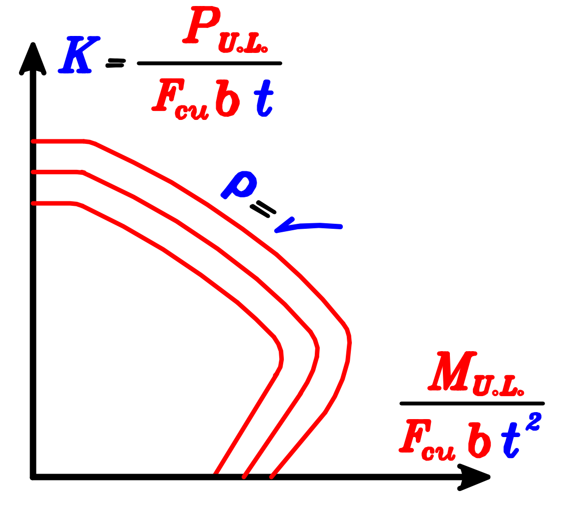
٢ – طريقه تقريبيه (المعمول بها فى هذا الملف)

1– Exact Method. ١ – طريقه دقيقه (صعبه)

Use Interaction Diagram | **ECCS Page (4–20) ⟶ (4–63)**

Interaction Diagram. (I.D.)





لتحديد الصفحه المطلوبه نحدد ثلاثه قيم . F_y , α , ζ

Chart Key مفتاح الجدول

يوجد فى كل صفحه من صفحات ال I.D. فى الجداول مفتاح للجدول لتحديد أى جدول سوف نستخدمه

Chart Key

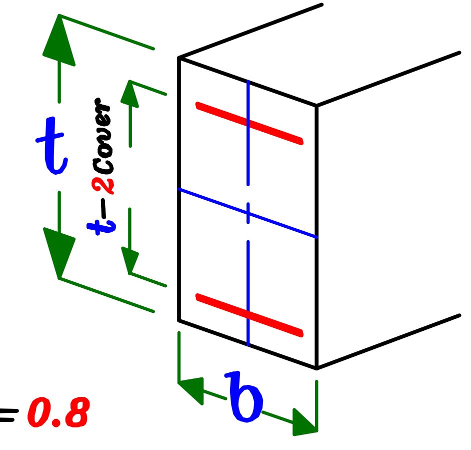
F_y = ✓
ζ = ✓
$\alpha = \frac{A_s'}{A_s} = 1$

– F_y = Type of Steel
- 240
- 280
- 360 ✓✓
- 400 ✓✓

– $\alpha = \frac{A_s'}{A_s}$
- 0.8
- 1.0 ✓✓

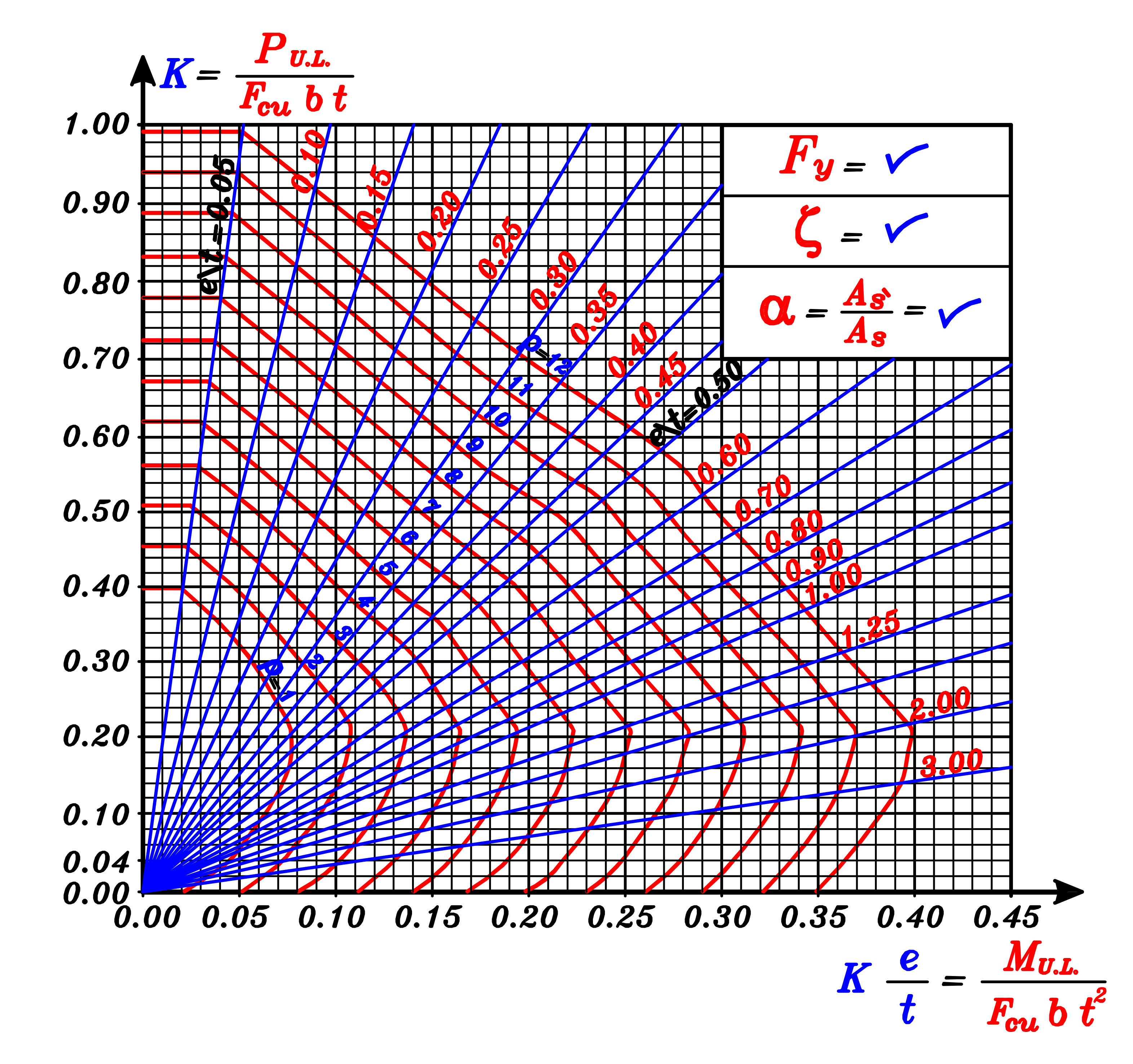
نسبة تحدد قبل بدء ال Design و تؤخذ عاده تساوى ١

– $\zeta = \frac{t - 2Cover}{t}$ = المسافه بين الحديد / التخانه الكليه و تقرب للرقم الأصغر



Example: $t = 800$ mm

$\therefore \zeta = \frac{800-100}{800} = \frac{700}{800} = 0.875 \xrightarrow{Take} \zeta = 0.8$



$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4}$$

$$A_s = \mu * b * t$$

$$A_s` = \alpha * A_s$$

How to determine the design Method by using I.D.??

١- بعد تحديد الـ Curve بمعرفة كل من F_y , α , ζ

٢- نحدد قيمة كل من $K * \frac{e}{t} = \frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2}$, $K = \frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t}$

ثم نحدد نقطة التقاطع كما هو موضح

$K = \frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t}$

$\frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t} = \checkmark$

$\rho = \checkmark$

$\rho = \checkmark$

$K * \frac{e}{t} = \frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2}$

$\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2} = \checkmark$

٣- ثم نرسم Curve تقريبى لهذه النقطة

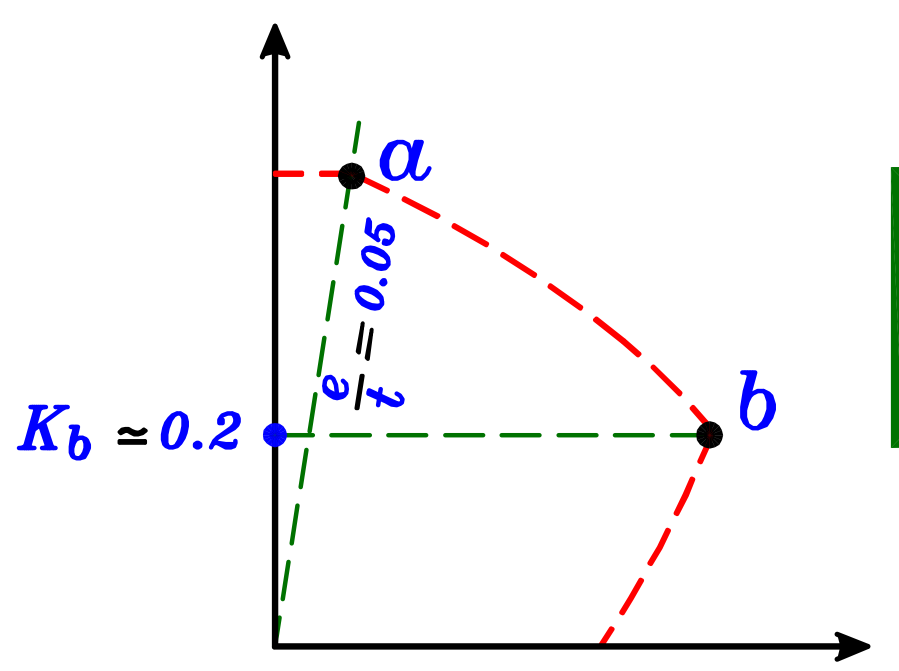
$K = \frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t}$

$\frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t} = \checkmark$

$K * \frac{e}{t} = \frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2}$

$\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2} = \checkmark$

٤- نحدد النقطتين a , b على هذا ال Curve
كما هو موضح بالشكل

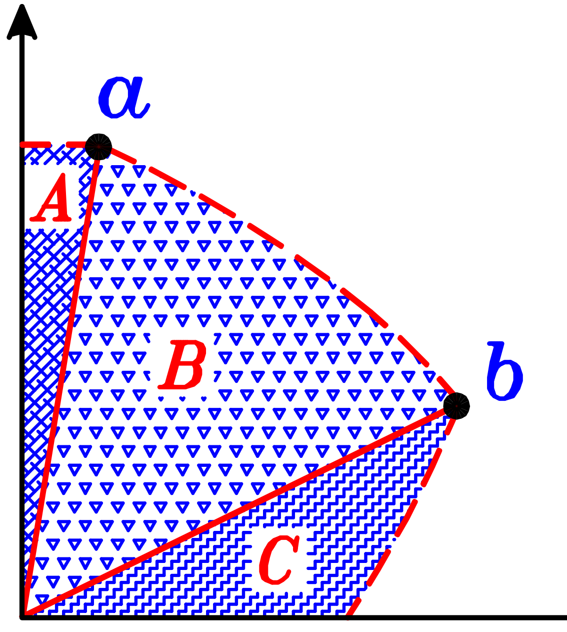


$$K_b = K_{balanced}$$

$$K_b = \frac{P_b}{F_{cu}\, b\, t} \simeq 0.2$$

حيث a هى نقطة min eccentricity
و عند هذه النقطة تكون $\frac{e}{t} = 0.05$
و نقطة b هى نقطة ال Balanced Failure

٥- من النقطتين a , b نوصل خطين الى نقطة ال origin $(0,0)$
و نقسم المساحة الى Zones
و نحدد طريقة ال Design

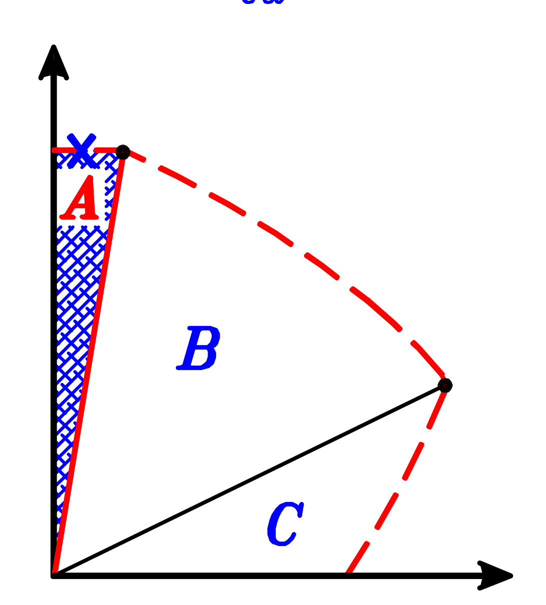


Zone A ⟶ Design as Short Column

Zone B ⟶ Design as Compression Failure

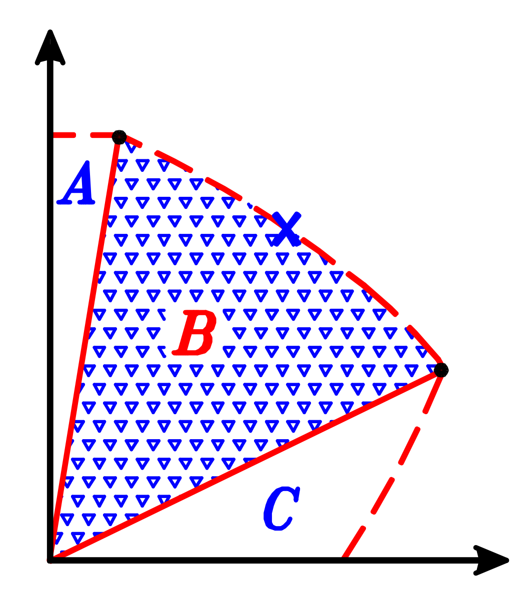
Zone C ⟶ Design as Tension Failure

بعد تحديد نقطة تقاطع $K = \frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t}$, $K * \frac{e}{t} = \frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2}$



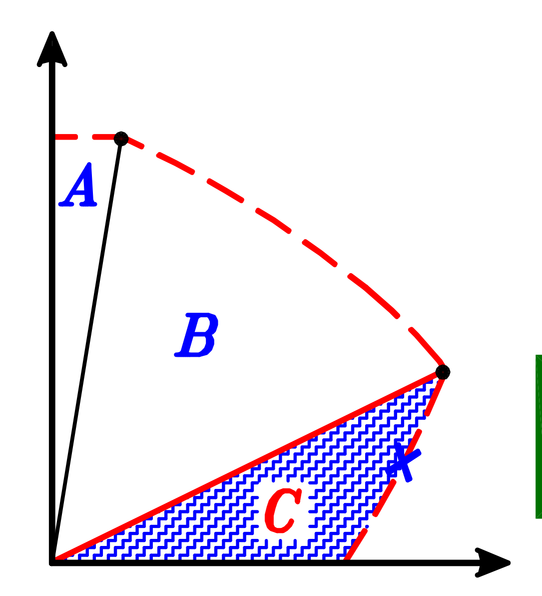
عند وجود نقطة التقاطع عند **Zone A**
نهمل وجود ال **moment** و نصمم على
ال **Normal** فقط

Design as Short Column using $P_{U.L.}$



عند وجود نقطة التقاطع عند **Zone B**
يكون أغلب القطاع علية **Compression**

Design as Compression Failure using Interaction Diagram



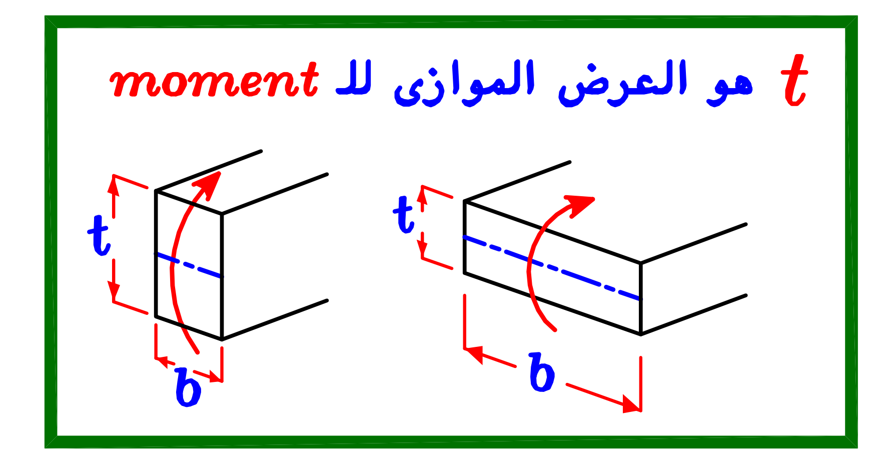
عند وجود نقطة التقاطع عند **Zone C**
يكون أغلب القطاع علية **Tension**

Design as Tension Failure using e_s

2- Approximate Method.   ٢ - طريقة تقريبية .

(المعمول بها فى هذا الملف)



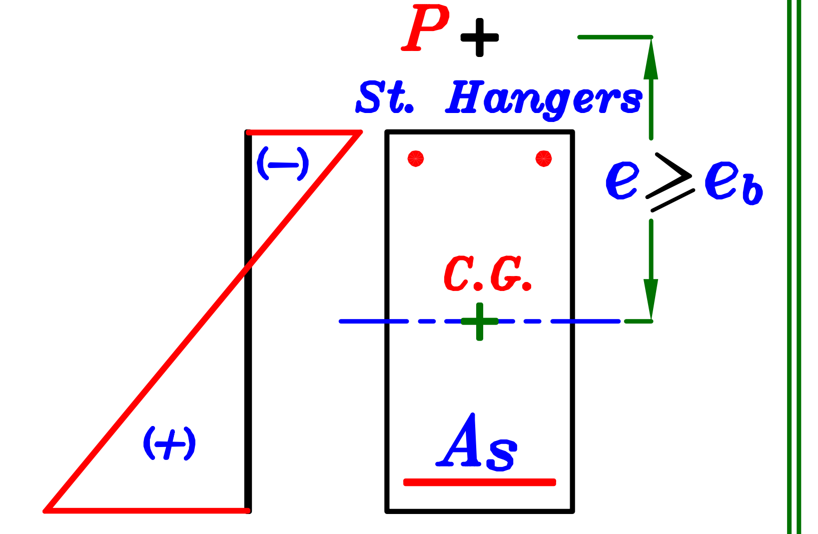


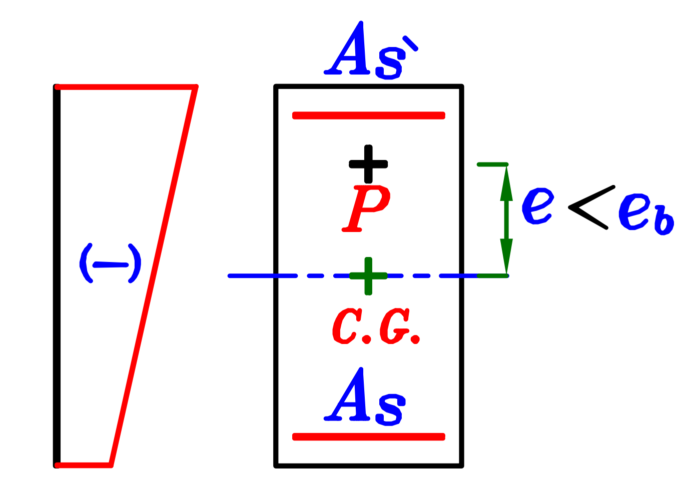
- Get $e = \frac{M_{U.L.}}{P_{U.L.}}$

- Get $\frac{e}{t}$

IF $\frac{e}{t}$

$\frac{e}{t} \geqslant 0.5$	$\frac{e}{t} < 0.5$
Big Eccentricity	Small Eccentricity
Tension Failure	Compression Failure
معناه أن محصله القوى تؤثر خارج القطاع	معناه أن محصله القوى تؤثر داخل القطاع
Use e_s	Use I.D.



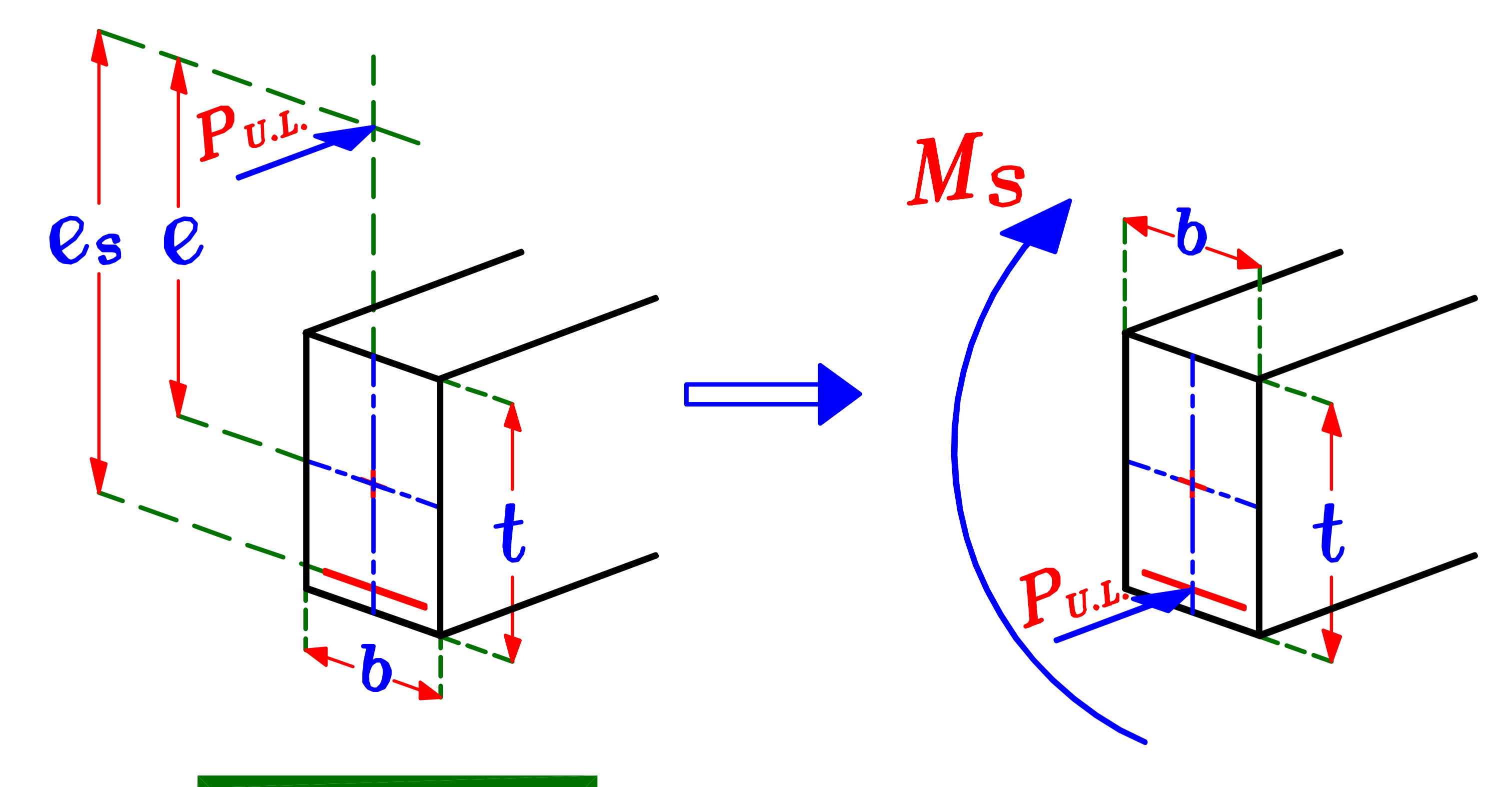


Design of Tension Failure Columns.



عندما تكون قيمه $\frac{e}{t} \geqslant 0.5$ معناه أن محصله القوى تؤثر خارج القطاع . القطاع أقرب لقطاع الكمره منه لقطاع العمود .

أى أن جهه من الخرسانه عليها *Compression* و جهة عليها *Tension*.



Get $$e = \frac{M_{U.L.}}{P_{U.L.}}$$

Get $$e_s = e + \frac{t}{2} - c$$

حيث e هى بعد المحصله عن الـ C.G.

حيث e_s هى بعد المحصله عن الـ steel

Where: c is the Cover
- $= 50$ mm IF $t \leqslant 1000$ mm
- $= 100$ mm IF $t > 1000$ mm

- Get the moment about Tension steel

$$M_s = P_{U.L.} * e_s$$

- From $d = C_1 \sqrt{\frac{M_s}{F_{cu}\, b}}$ Get $C_1 = \checkmark \xrightarrow{get} J = \checkmark$

- Get A_s From

$$A_s = \frac{M_s}{J\, F_y\, d} - \frac{P_{U.L.}}{(F_y/\gamma_s)}$$

- Check $A_{s_{min.}}$

Compare area of tension steel with $\left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) * b * d$

IF $A_{s_{req.}} \geq \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) * b * d \xrightarrow{Take} A_{s_{req.}}$

IF $A_{s_{req.}} < \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) * b * d \xrightarrow{Take} A_{s_{min.}}$

$$A_{s_{min.}} = \begin{cases} \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) * b * d \\ 1.3\, A_{s_{req.}} \end{cases}$$ الأقل

A_s

Stirrup Hangers.

Stirrup Hangers = $\begin{cases} (0.1 \rightarrow 0.2)\, A_s \\ 2\phi 12 \text{ Frames} \end{cases}$ الأكبر

ملحوظه :

سواء كان ال member أفقى أو رأسى يعامل معامله الكمره

ولكن يفضل أن لا يقل ال stirrup hangers فى ال members

الرأسيه عن $0.4\, A_s$ و هذا ليس شرط.

Buckling Bars. (Longitudinal Bars)

(IF the section is VL.)

- فى الأعمده التى يؤثر عليها M & P .
  يجب وضع أسياخ جانبيه تسمى Buckling Bars .
- و توضع أيضاً عندما تكون $t < 700\,mm$ (ليس مثل ال Shrinkage Bars)
- و قيمه ال Buckling Bars = 2 ∅ 12 at every 250 mm
- و توضع كانات داخليه
  بحيث لا تزيد المسافه بين كل فرع كانه و الفرع الذى يليه عن ٣٠٠ مم

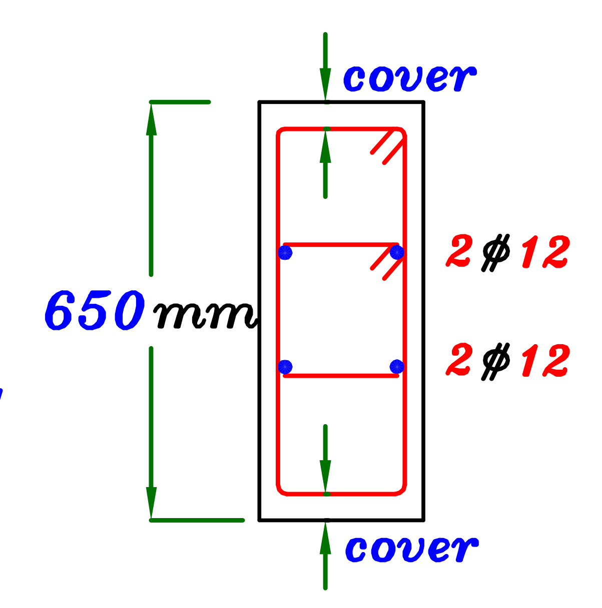
Example.

IF $t = 650\ mm$

∴ No. of Spacings =

$$= \frac{650 - 100}{250} = 2.20 = 3.0\ \text{Spacing}$$

$$= 2.0\ \text{Bars}$$



Example.

$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2$ st. 360/520

$M_{U.L.} = 300 \ kN.m$ → , $P_{U.L.} = 400 \ kN$, $b = 300 \ mm$

Req. Design the Sec. of the column.

Solution.

$- \ d_1 = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} = 3.5 \sqrt{\frac{300 * 10^6}{25 * 300}} = 700 \ mm$ (as R-Sec.)

$\therefore \ t_1 = 700 + 50 = 750 \ mm$

$- \ P_{U.L.} = \left(0.35 \, b \, F_{cu} + 0.67 \frac{b}{100} F_y\right) t_2$

$\therefore 400 * 10^3 = \left(0.35 * 300 * 25 + 0.67 * \frac{300}{100} * 360\right) t_2 \rightarrow t_2 = 119 \ mm$

$\therefore \ t_o = 750 \ mm \longrightarrow t = (1.1 \rightarrow 1.3)\, t_o$

$= (825 \rightarrow 975) \ mm$ $\boxed{t = 850 \ mm}$

Check $\frac{P}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{400 * 10^3}{25 * 300 * 850} = 0.063 > 0.04$ (Don't neglect P)

$\therefore$ Design the Sec. on both N.F. , B.M.

$e = \frac{M}{P} = \frac{300}{400} = 0.75 \ m$

$\frac{e}{t} = \frac{0.75}{0.85} = 0.88 > 0.50 \longrightarrow$ Tension Failure $\xrightarrow{use} e_s$

$e_s = e + \frac{t}{2} - c = 0.75 + \frac{0.85}{2} - 0.05 = 1.125 \ m$

$M_s = P * e_s = 400 * 1.125 = 450 \ kN.m$

$$\therefore d = C_1 \sqrt{\frac{M_s}{F_{cu}\, b}} \quad \therefore 800 = C_1 \sqrt{\frac{450 * 10^6}{25 * 300}} \rightarrow C_1 = 3.265 \rightarrow J = 0.766$$

$$\therefore A_s = \frac{M_s}{J\, F_y\, d} - \frac{P_{U.L.}}{(F_y \backslash \gamma_s)}$$

$$= \frac{450 * 10^6}{0.766 * 360 * 800} - \frac{400 * 10^3}{(360 \backslash 1.15)} = 762 \ mm^2$$

4 ϕ 16

– **Check** $A_{s_{min.}}$ $\qquad A_{s_{req.}} = 762 \ mm^2$

$$\mu_{min.}\, b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{25}}{360}\right) 300 * 800 = 750 \ mm^2$$

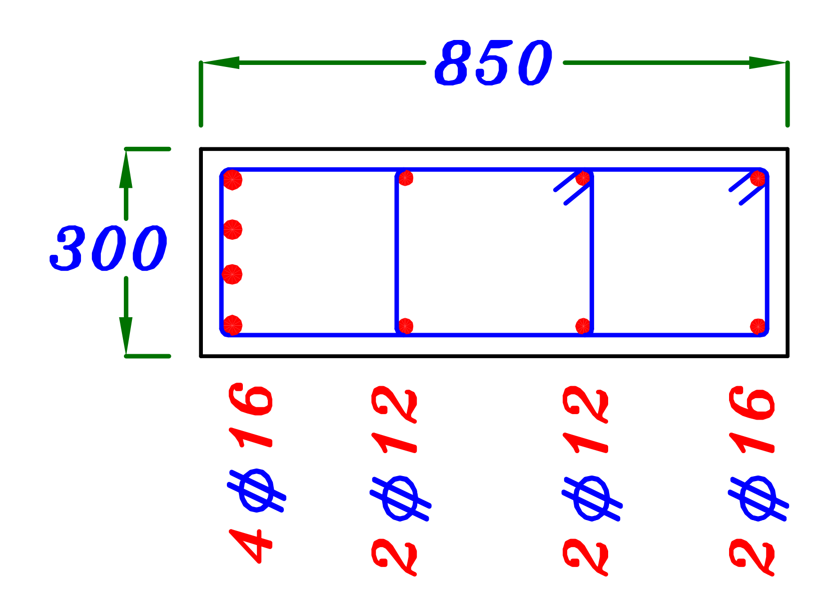
$$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\, b\, d \quad \therefore \text{Take } A_s = A_{s_{req.}} = 762 \ mm^2$$

4 ϕ 16

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{300 - 25}{16 + 25} = 6.70 = 6.0$$

Stirrup Hangers $= 0.4 \ A_s = 0.4 * 762 = 304.8$





Example.

$F_{cu} = 30\ N\backslash mm^2$ st. 360/520

$M_{U.L.} = 500\ kN.m$, $P_{U.L.} = 200\ kN$, $b = 300\ mm$

Req. Design the Sec. of the column.

Solution.

$$\therefore d_1 = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} = 3.5 \sqrt{\frac{500 * 10^6}{30 * 300}} = 824.9\ mm = 850\ mm$$

$$\therefore t_1 = 850 + 50 = 900\ mm$$

$$- \quad P_{U.L.} = 0.35 (b * t_2)\, F_{cu} + 0.67\, \frac{(b * t_2)}{100}\, F_y$$

$$\therefore 200 * 10^3 = 0.35 * (300 * t_2) * 30 + 0.67 * \frac{(300 * t_2)}{100} * 360$$

$$\therefore t_2 = 51.6\ mm \qquad \therefore \text{Choose } t_\circ = 900\ mm$$

$$\therefore t = (1.1 \rightarrow 1.3)\, t_\circ = (990 \rightarrow 1170)\ mm \qquad \boxed{t = 1000\ mm}$$

Check $$\frac{P}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{200 * 10^3}{30 * 300 * 1000} = 0.022 < 0.04 \quad \therefore (\text{neglect } P)$$

$$\therefore \text{Take } d = d_1 = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} \qquad \text{take } C_1 = 3.5$$

$$\therefore d = 3.5 \sqrt{\frac{500 * 10^6}{30 * 300}} = 824.9\ mm$$

$$\therefore \text{Take } \boxed{d = 850\ mm} , \boxed{t = 900\ mm}$$

$\because \; C_1 = 3.5 \longrightarrow J = 0.78$

$$\therefore A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\,F_y\,d} = \frac{500 * 10^6}{0.78 * 360 * 824.9} = 2158.6 \; mm^2$$

– Check $A_{s_{min.}}$ $\qquad A_{s_{req.}} = 2158.6 \; mm^2$

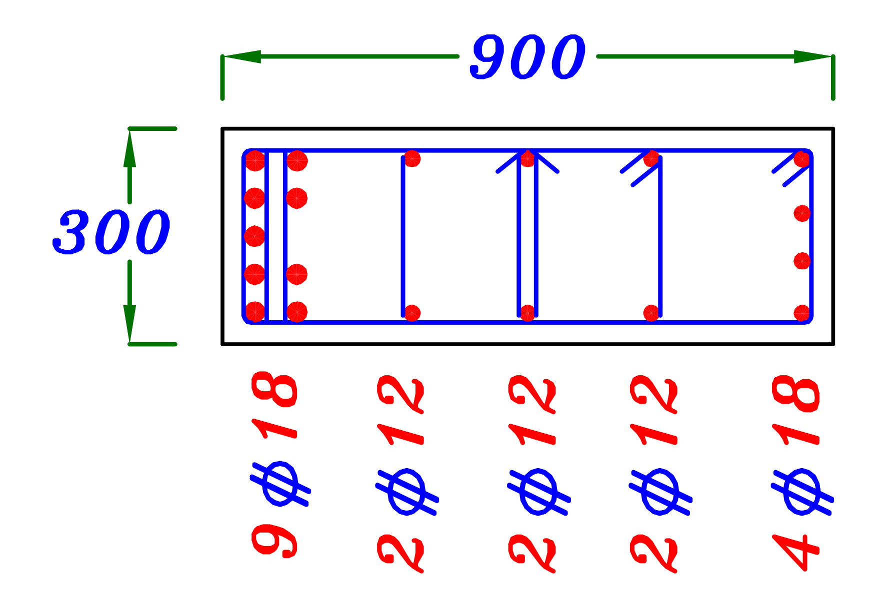
$$\mu_{min.}\,b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\,d = \left(0.225 * \frac{\sqrt{30}}{360}\right) 300 * 850 = 872.9 \; mm^2$$

$$\therefore A_{s_{req.}} > \mu_{min.}\,b\,d$$

$\therefore$ Take $A_s = A_{s_{req.}} = 2158.6 \; mm^2$ **9 Ø 18**

$$\therefore n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{300 - 25}{18 + 25} = 6.39 = 6.0$$

Stirrup Hangers $= 0.4\,A_s = 0.4 * 2158.6 = 863.4$ **4 Ø 18**



Compression Failure.



عندما تكون قيمه $\frac{e}{t} < 0.5$ معناه أن محصله القوى تؤثر داخل القطاع .

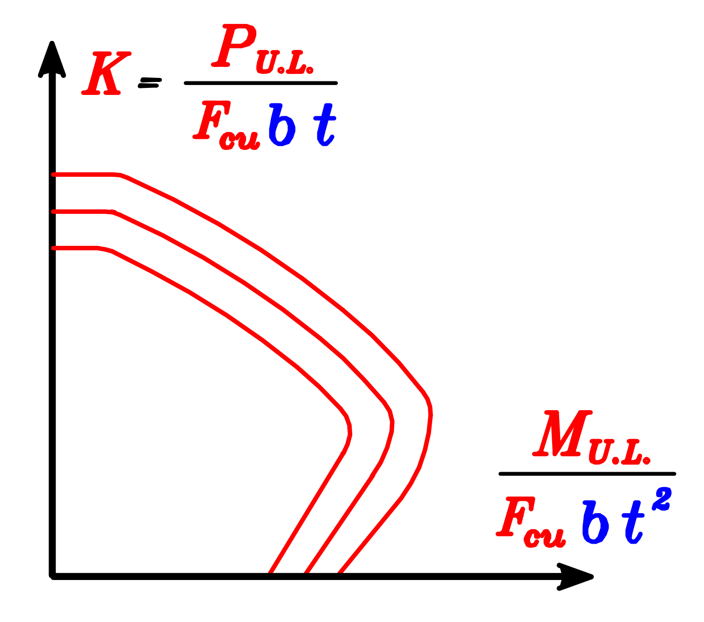
القطاع أقرب لقطاع العمود منه لقطاع الكمره .

أى يوجد Compression على كل القطاع .



سنحتاج لوضع تسليح فى الاتجاهين As` ، As

و نستخدم Interaction Diagram (I.D.)



و ممكن من الـ (I.D.) تصميم قطاعات

Big eccentricity or small eccentricity

أى عندما تكون $\frac{e}{t} < 0.5$ or $\frac{e}{t} > 0.5$

و لكنه فى حاله Big eccentricity أى $\frac{e}{t} > 0.5$ يكون غير دقيق

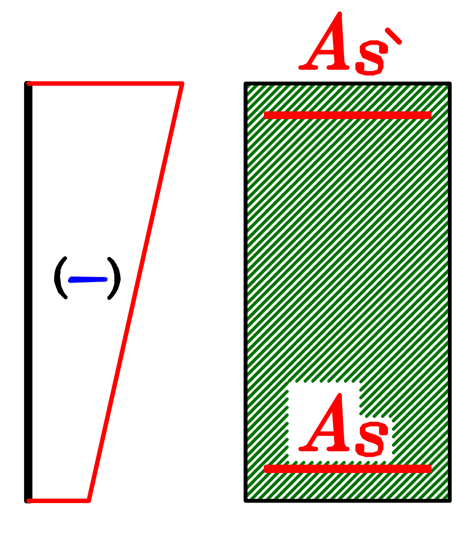
و يعطى كميات تسليح كبيره و مكلفه .

لذا يفضل استخدام الـ Interaction Diagram (I.D.) عندما

يكون القطاع small eccentricity أى $\frac{e}{t} < 0.5$

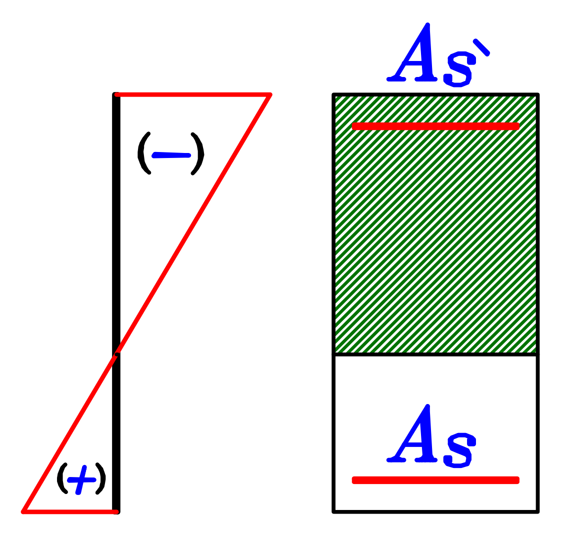
الانسب و الاوفر عند استخدام *Interaction Diagram*

ان نختار قيم α حيث $\alpha = \frac{As`}{As}$



IF $\frac{e}{t} < 0.5$

يفضل اختيار $\alpha = \frac{As`}{As} = (0.8 \rightarrow 1.0)$



IF $\frac{e}{t} > 0.5$

يفضل اختيار $\alpha = \frac{As`}{As} = (0.4 \rightarrow 1.0)$

و ان كان الافضل حساب التسليح بطريقه e_s

ملحوظه

الموجود فى كتاب *ECCS* $\alpha = 0.8 \,\&\, 1.0$ فقط

لذا فى هذه الملفات سنستخدم قيمه $\alpha = 1.0$ or $\alpha = 0.8$ فقط

مع العلم انه فى العمل توجد جداول $\alpha = 0.0 \longrightarrow 1.0$

To get A_s, $A_s`$ using Interaction Diagram.

ECCS Pages (4–20) ⟶ (4–63)

لتحديد الصفحه المطلوبه نحدد ثلاثه قيم . F_y , α , ζ

Chart Key

F_y = ✓
ζ = ✓
$\alpha = \frac{A_s`}{A_s}$

مفتاح الجدول **Chart Key**
يوجد فى كل صفحه من صفحات ال I.D. فى الجداول
مفتاح للجدول لتحديد أى جدول سوف نستخدمه

- F_y = Type of Steel
  - 240
  - 280
  - 360 ✓✓
  - 400 ✓✓

- $\alpha = \frac{A_s`}{A_s}$
  - 0.8
  - 1.0 ✓✓

و تؤخذ عاده تساوى ١

- $\zeta = \frac{d - d`}{t} = \frac{\text{المسافه بين الحديد}}{\text{التخانه الكليه}}$

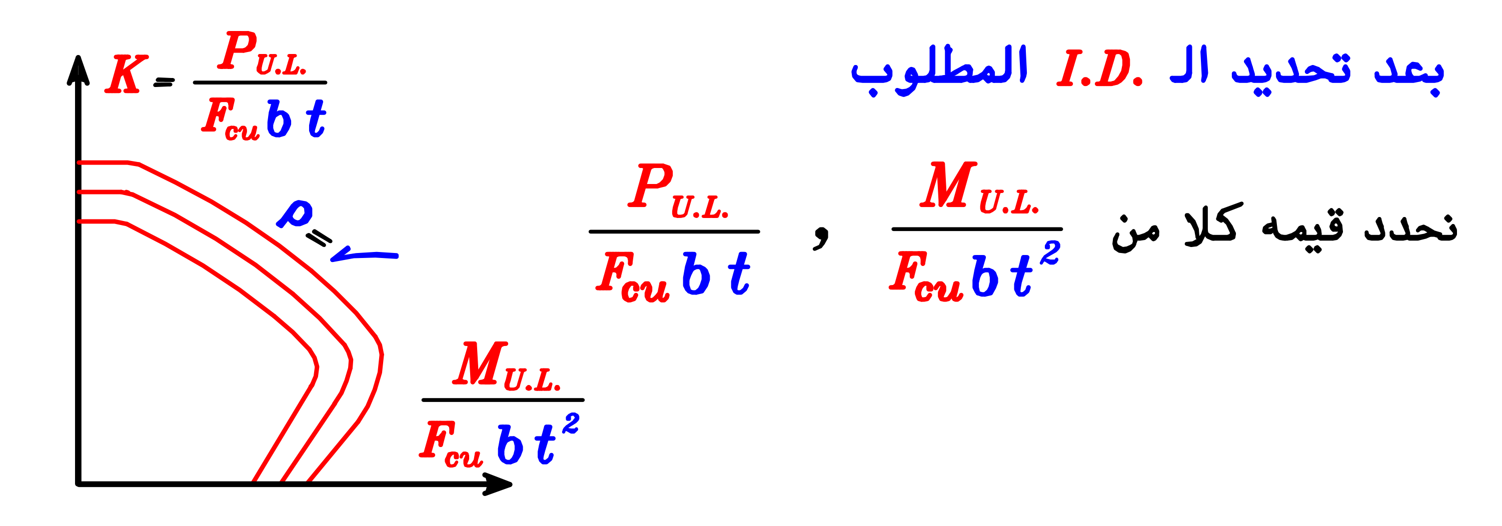
$$\zeta = \frac{t - 2Cover}{t}$$

ζ = 0.7 or 0.8 or 0.9 و الموجود فى الجداول

بعد حساب قيمة ζ اذا كانت بين رقمين تقرب للرقم الأصغر

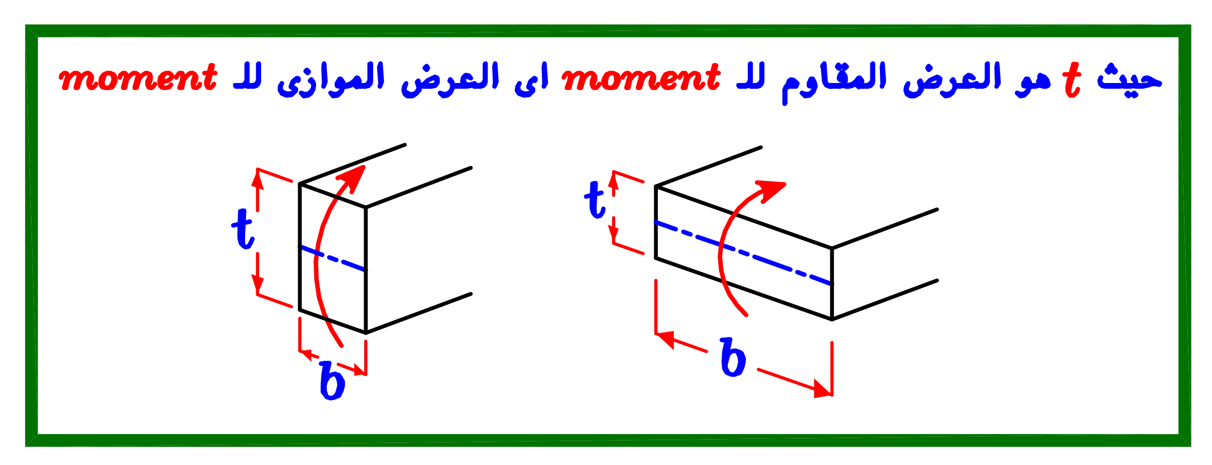
Example. $t = 800$ mm

$$\therefore \zeta = \frac{800 - 100}{800} = \frac{700}{800} = 0.875 \xrightarrow{Take} \zeta = 0.8$$



بعد تحديد الـ *I.D.* المطلوب

نحدد قيمه كلا من $\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2}$, $\frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t}$



نحدد نقطه تقاطع كلا من $\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2}$, $\frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t}$

ثم نحدد قيمه ρ كما هو موضح

$\frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t}$

$\frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t} = ✓$

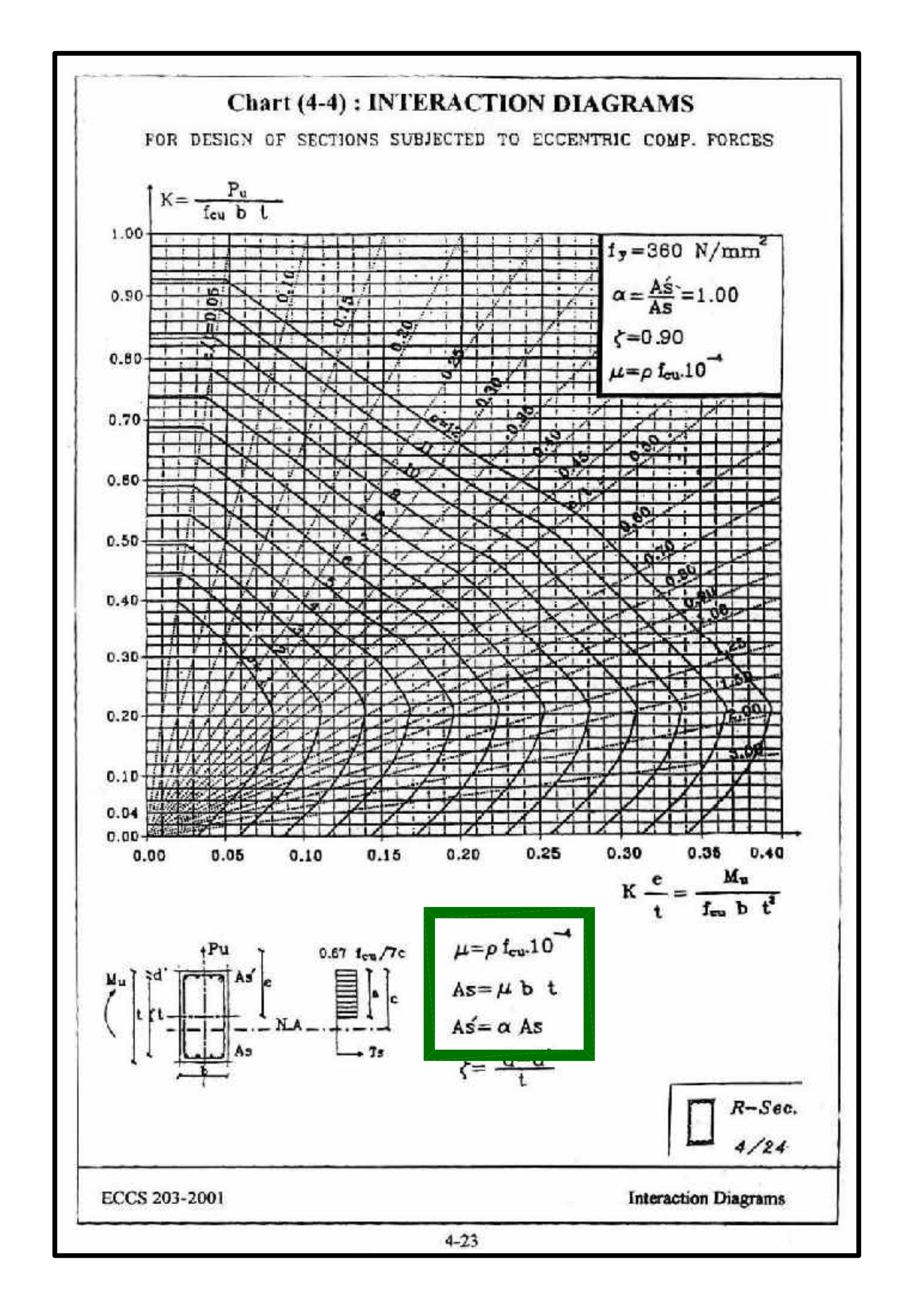
ρ=5
ρ=4
ρ=3
ρ=2
ρ=1

$\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2}$

$\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t^2} = ✓$

Note.

IF $\rho < 1.0 \xrightarrow{Take} \rho = 1.0$



ثم نعوض فى المعادلات الأتيه لتحديد قيمه As , As`

$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4}$$

$$A_s = \mu * b * t$$

$$A_{s`} = \alpha * A_s$$

– Check $As_{min.}$

Calculate $As_{Total} = As + As'$

Calculate $As_{min.} = \frac{0.8}{100} * b * t$

IF $As_{Total} \geqslant As_{min.}$ $\therefore$ o.k.

IF $As_{Total} < As_{min.}$ $\xrightarrow{take}$ $As = As' = \frac{As_{min.}}{2}$

As'

As

Shrinkage Bars. (IF the sec. in Beam)

– توضع ال Shrinkage Bars عندما تكون $t > 700$ mm

– و قيمه ال Shrinkage Bars = $2\phi10$ at every 300 mm

Buckling Bars. (Longitudinal Bars)

(IF the sec. in Column.)

– فى الأعمده التى يؤثر عليها M & P .

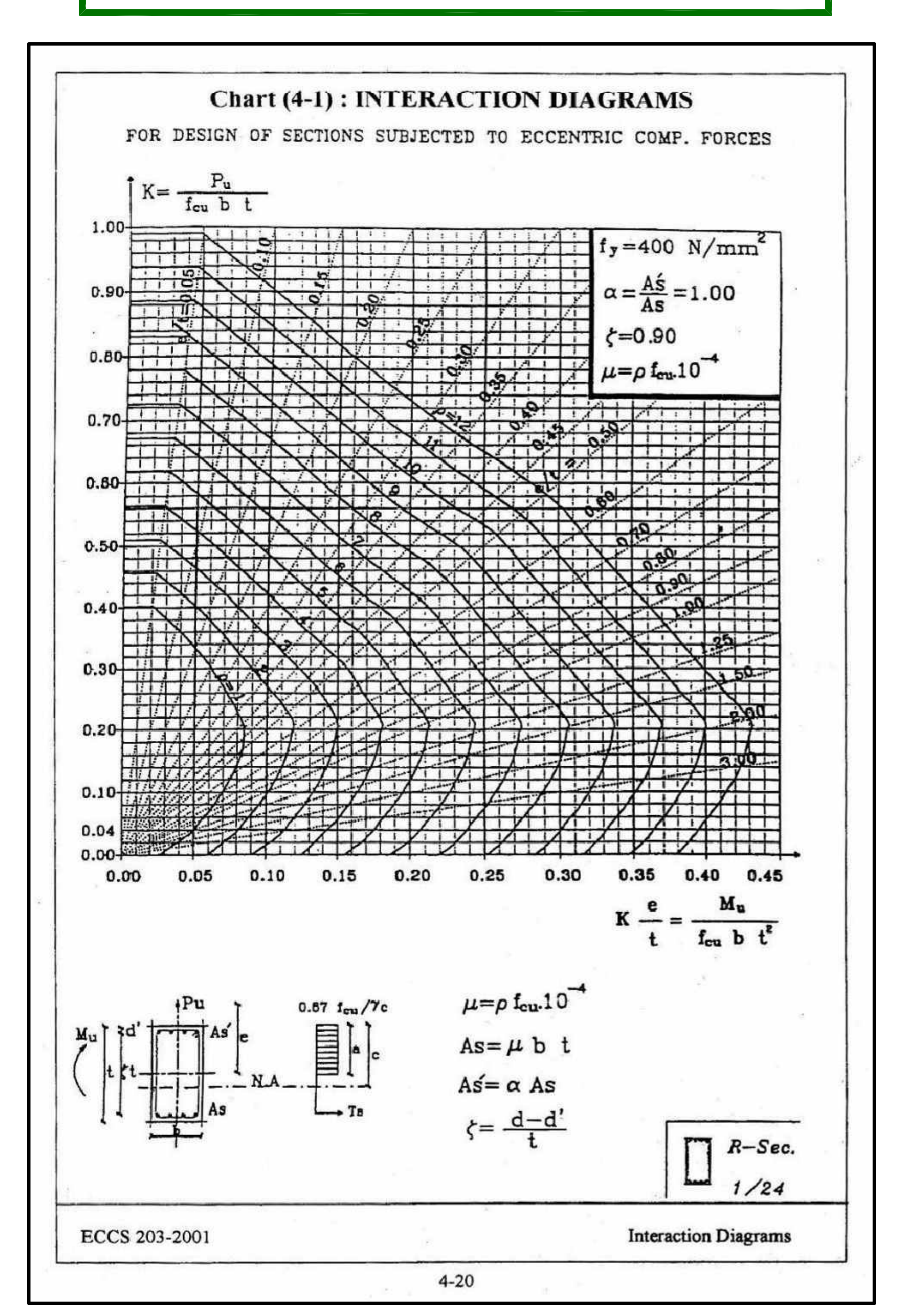
يجب وضع أسياخ جانبيه تسمى Buckling Bars .

– و توضع أيضاً عندما تكون $t < 700$ mm (ليس مثل ال Shrinkage Bars)

– و قيمه ال Buckling Bars = $2\phi12$ at every 250mm

– و توضع كانات داخليه

بحيث لا تزيد المسافه بين كل فرع كانه و الفرع الذى يليه عن ٣٠٠ مم


Chart (4-1) : INTERACTION DIAGRAMS
FOR DESIGN OF SECTIONS SUBJECTED TO ECCENTRIC COMP. FORCES
$K = \frac{P_u}{f_{cu}\ b\ t}$
$f_y = 400\ N/mm^2$
$\alpha = \frac{A's}{As} = 1.00$
$\zeta = 0.90$
$\mu = \rho\ f_{cu}.10^{-4}$
$K\frac{e}{t} = \frac{M_u}{f_{cu}\ b\ t^2}$
$\mu = \rho\ f_{cu}.10^{-4}$
$As = \mu\ b\ t$
$A's = \alpha\ As$
$\zeta = \frac{d-d'}{t}$
R–Sec.
1/24
ECCS 203-2001
Interaction Diagrams
4-20

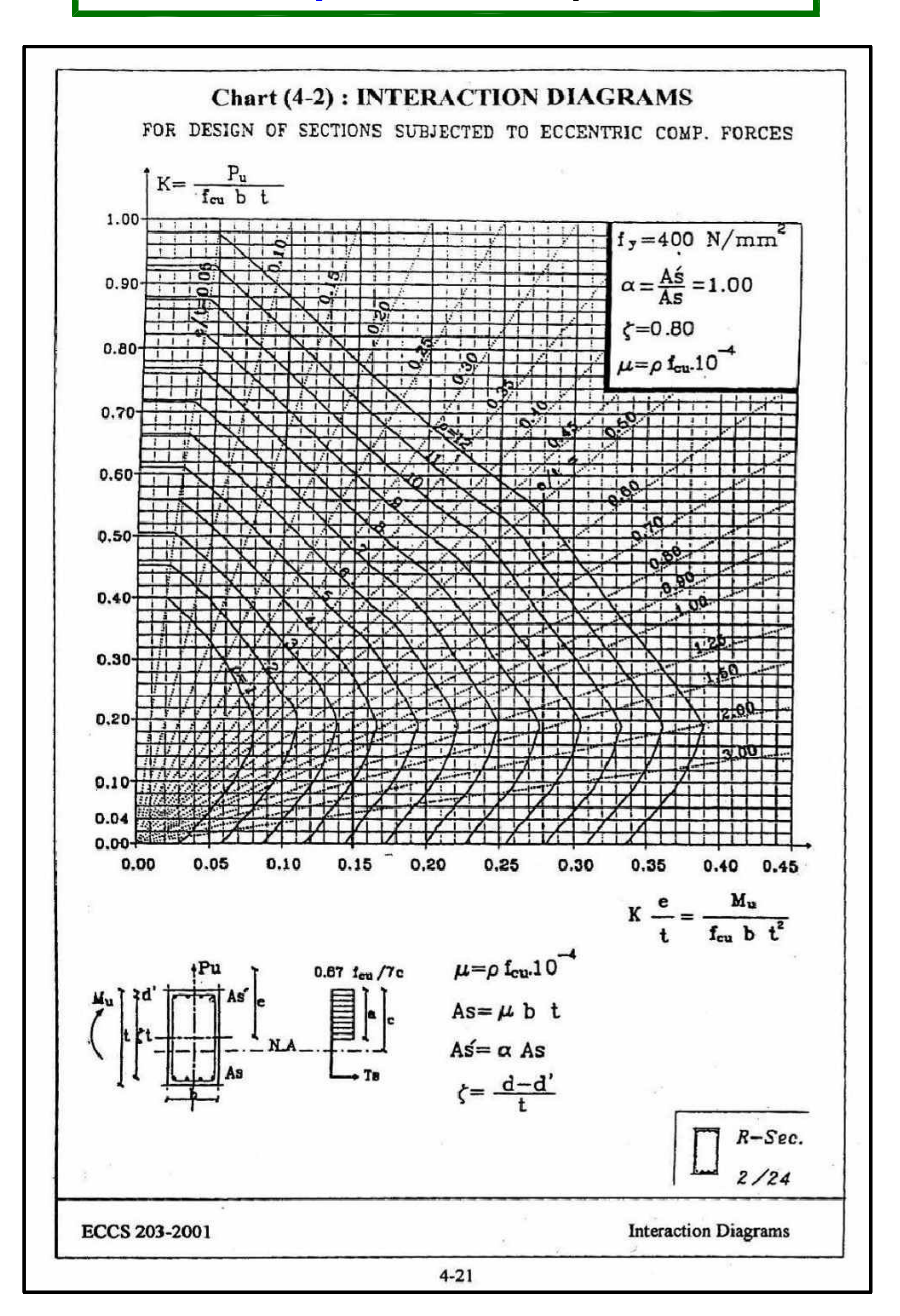
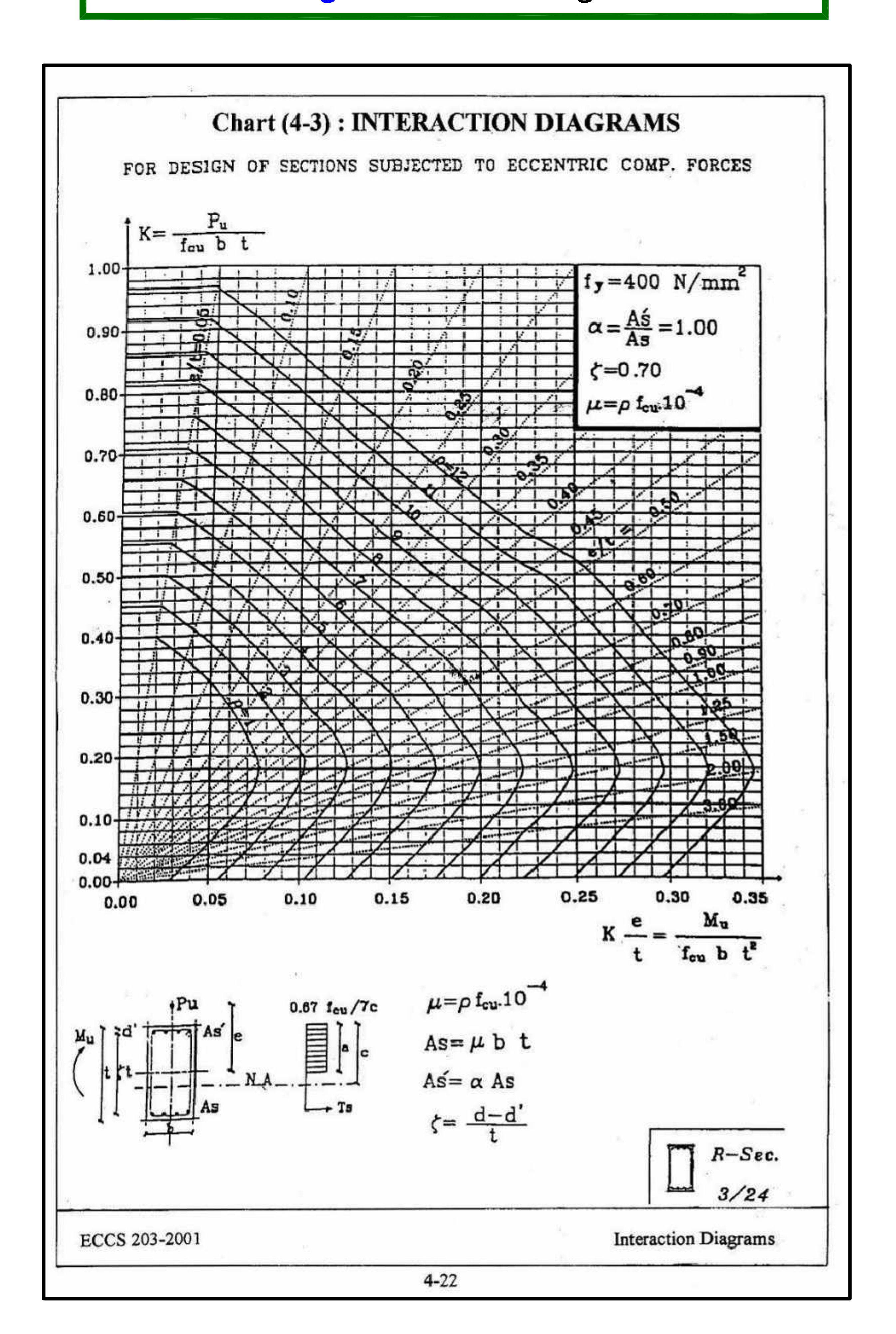
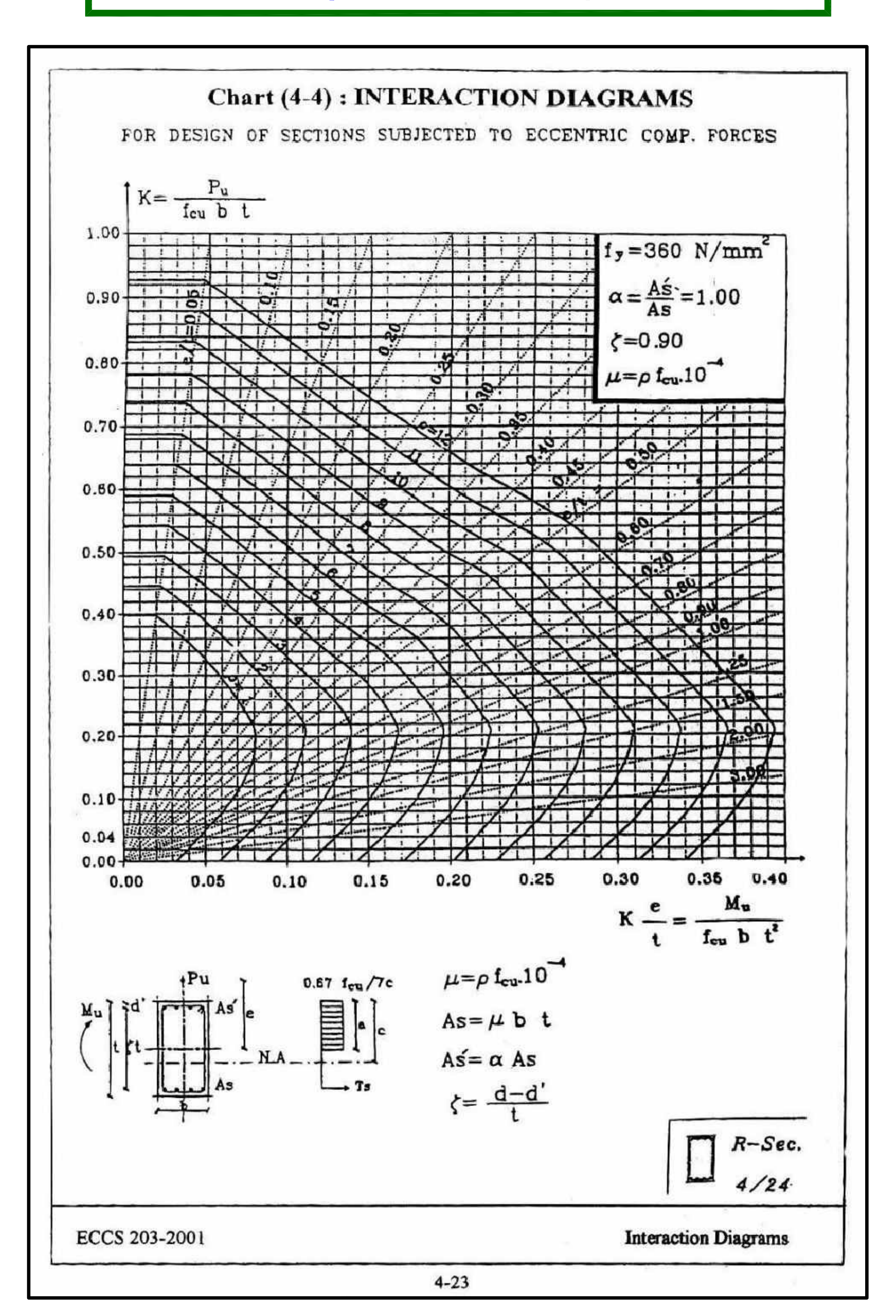
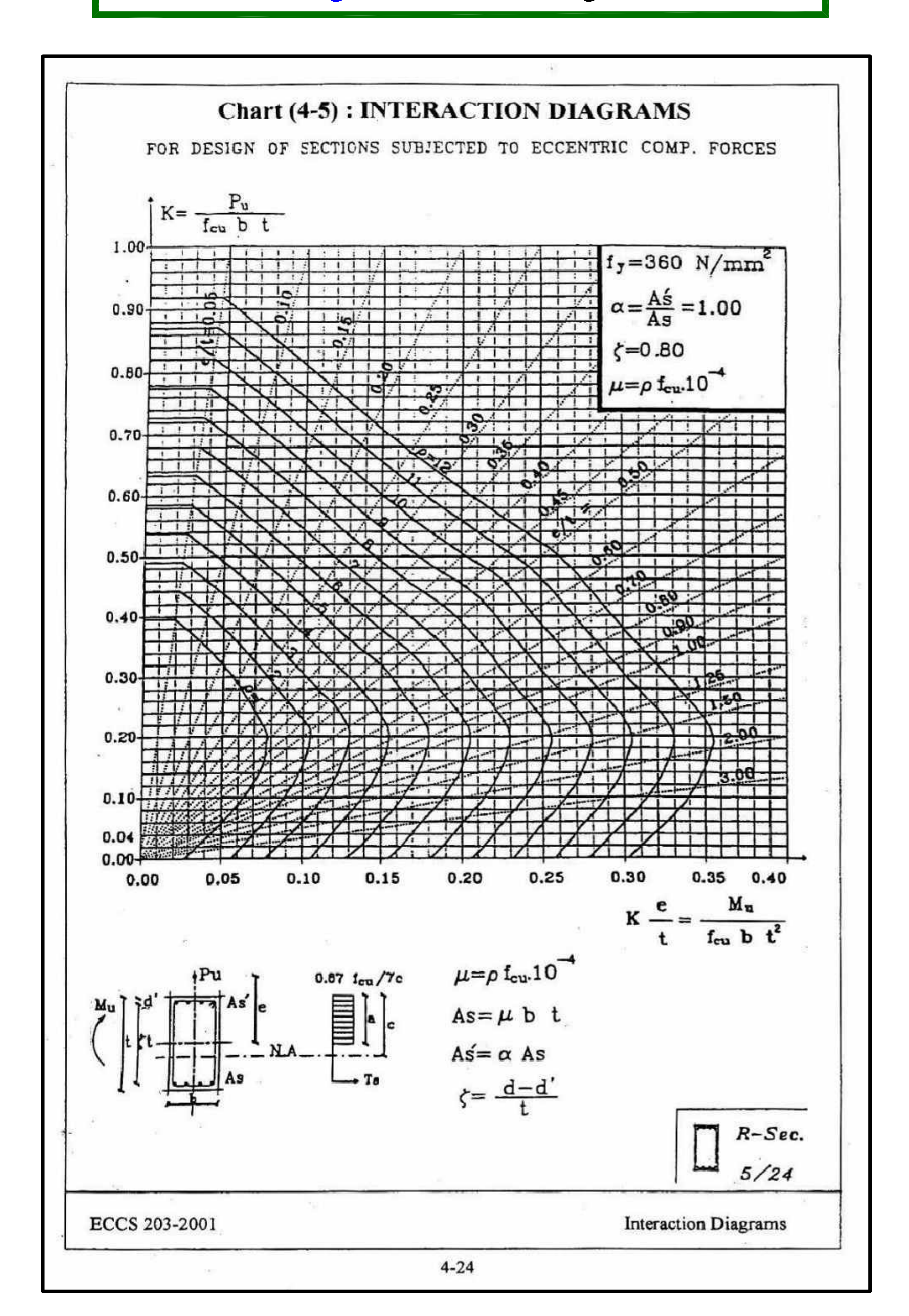
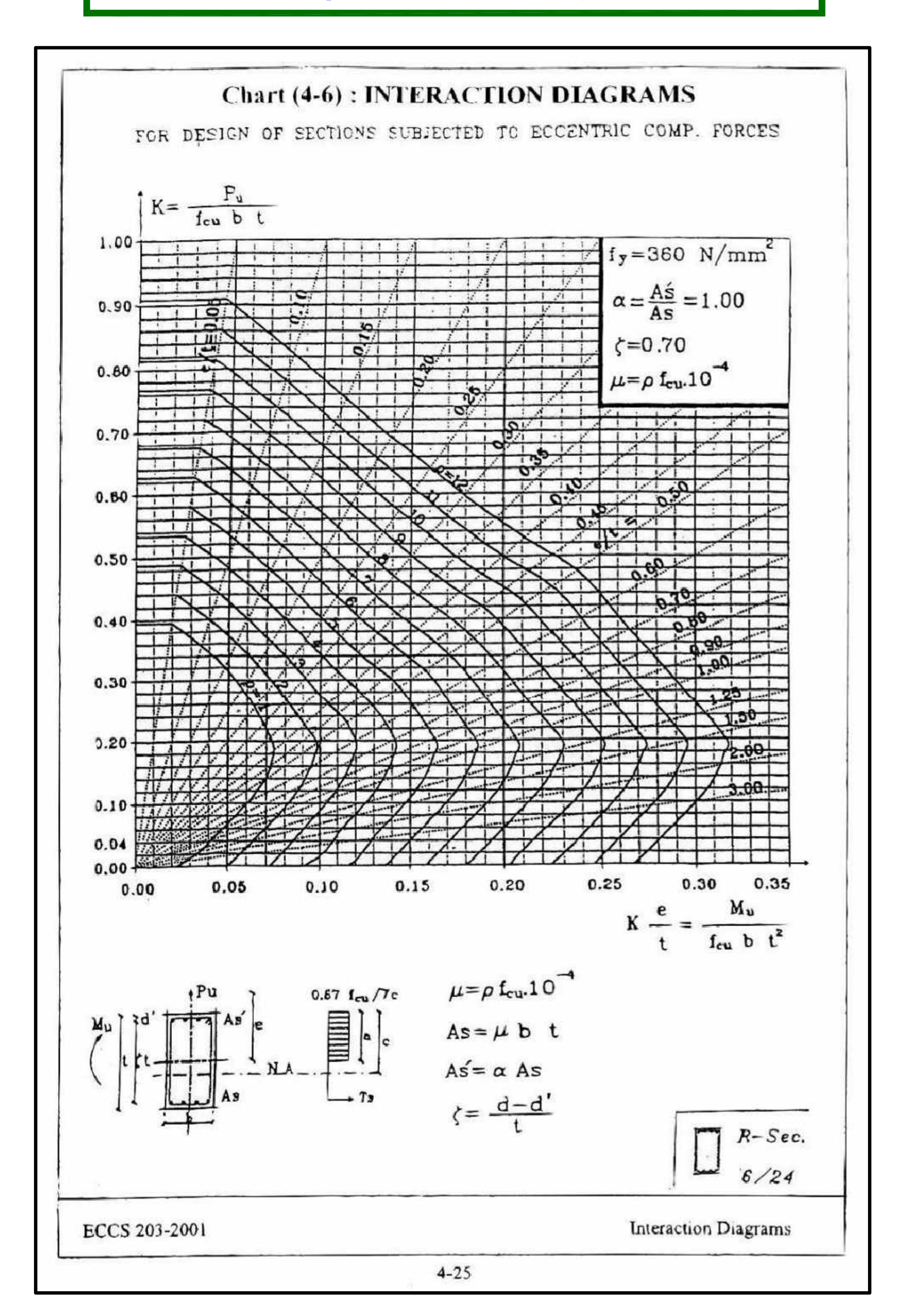


Chart (4-2) : INTERACTION DIAGRAMS
FOR DESIGN OF SECTIONS SUBJECTED TO ECCENTRIC COMP. FORCES
K= Pu / fcu b t
fy=400 N/mm2
α = As' / As = 1.00
ζ=0.80
μ=ρ fcu.10^-4
e/t=0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
0.50
0.60
0.70
0.80
0.90
1.00
1.25
1.50
2.00
3.00
ρ=12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.04
0.00
0.05
0.15
0.45
K e/t = Mu / fcu b t2
Pu
Mu
d'
As'
t
ζt
As
b
e
N.A
0.67 fcu /γc
a
c
Ts
μ=ρ fcu.10^-4
As= μ b t
As'= α As
ζ= (d-d') / t
R-Sec.
2/24
ECCS 203-2001
Interaction Diagrams
4-21


Chart (4-3) : INTERACTION DIAGRAMS
FOR DESIGN OF SECTIONS SUBJECTED TO ECCENTRIC COMP. FORCES
K= Pu / fcu b t
fy=400 N/mm2
α = A's/As = 1.00
ζ=0.70
μ=ρ fcu.10^-4
e/t=0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
0.40
0.45
e/t =
0.50
0.60
0.70
0.80
0.90
1.00
1.25
1.50
2.00
3.00
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.04
0.00
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0.25
0.30
0.35
K e/t = Mu / fcu b t2
Pu
Mu
d'
A's
e
t
As
b
N.A
0.67 fcu/γc
a
c
Ts
μ=ρ fcu.10^-4
As= μ b t
A's= α As
ζ= (d−d')/t
R−Sec.
3/24
ECCS 203-2001
Interaction Diagrams
4-22


Chart (4-4) : INTERACTION DIAGRAMS
FOR DESIGN OF SECTIONS SUBJECTED TO ECCENTRIC COMP. FORCES
K = Pu / fcu b t
fy = 360 N/mm2
α = As' / As = 1.00
ζ = 0.90
μ = ρ fcu.10-4
K e/t = Mu / fcu b t2
0.67 fcu/γc
N.A
μ = ρ fcu.10-4
As = μ b t
As' = α As
ζ = (d-d')/t
R-Sec.
4/24
ECCS 203-2001
Interaction Diagrams
4-23


Chart (4-5) : INTERACTION DIAGRAMS
FOR DESIGN OF SECTIONS SUBJECTED TO ECCENTRIC COMP. FORCES
K= Pu / fcu b t
fy=360 N/mm²
α = As′/As = 1.00
ζ=0.80
μ=ρ fcu.10⁻⁴
K e/t = Mu / fcu b t²
μ=ρ fcu.10⁻⁴
As= μ b t
As′= α As
ζ= (d−d′)/t
0.67 fcu/γc
Pu
Mu
As′
As
N.A
Ts
R-Sec.
5/24
ECCS 203-2001
Interaction Diagrams


Chart (4-6) : INTERACTION DIAGRAMS
FOR DESIGN OF SECTIONS SUBJECTED TO ECCENTRIC COMP. FORCES
K= Pu / fcu b t
fy=360 N/mm2
α = As' / As = 1.00
ζ=0.70
μ=ρ fcu.10-4
K e/t = Mu / fcu b t2
μ=ρ fcu.10-4
As= μ b t
As'= α As
ζ= d−d' / t
0.67 fcu /γc
R-Sec.
6/24
ECCS 203-2001
Interaction Diagrams
4-25

Example.

$F_{cu} = 25$ N\mm² st. 360/520

$M_{U.L.} = 300$ kN.m , $P_{U.L.} = 3000$ kN , $b = 300$ mm

Req. Design the Sec. (Column)

Solution.

$$- \; d_1 = C_1 \sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}} = 3.5 \sqrt{\frac{300 * 10^6}{25 * 300}} = 700 \text{ mm}$$

$$\therefore \; t_1 = 700 + 50 = 750 \text{ mm}$$

$$- \; P_{U.L.} = 0.35\,(b * t_2)\,F_{cu} + 0.67\,\frac{(b * t_2)}{100}\,F_y$$

$$\therefore 3000 * 10^3 = 0.35 * (300 * t_2) * 25 + 0.67 * \frac{(300 * t_2)}{100} * 360 \rightarrow t_2 = 896 \text{ mm}$$

$$\therefore t_o = 900 \text{ mm} \longrightarrow t = (1.1 \rightarrow 1.3)\, t_o$$

$$= (990 \rightarrow 1170) \text{ mm} \qquad \boxed{t = 1000 \text{ mm}}$$

Check $\frac{P}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{3000 * 10^3}{25 * 300 * 1000} = 0.40 > 0.04$ (Don't neglect N)

$\therefore$ Design the Sec. on both N.F. & B.M.

$$e = \frac{M}{P} = \frac{300}{3000} = 0.10 \text{ m}$$

$$\frac{e}{t} = \frac{0.10}{1.0} = 0.10 < 0.50 \longrightarrow \text{Compresion Failure} \xrightarrow{\text{use}} \text{I.D.}$$

Using Interaction Diagram

$$\zeta = \frac{1000 - 100}{1000} = 0.90 \xrightarrow{use} \text{ECCS Design Aids Page 4-23}$$

$$\frac{P_U}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{3000 * 10^3}{25 * 300 * 1000} = 0.40$$

$$\frac{M_U}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{300 * 10^6}{25 * 300 * 1000^2} = 0.04$$

$$\rho = 1.90$$

$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4} = 1.9 * 25 * 10^{-4} = 4.75 * 10^{-3}$$

$$A_s = A_s` = \mu * b * t = 4.75 * 10^{-3} * 300 * 1000$$

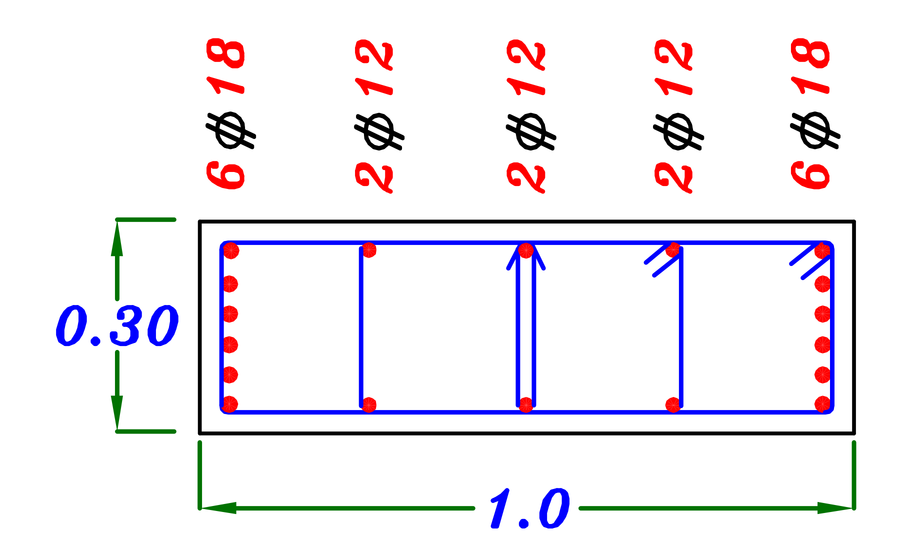
$$= 1425 \ mm^2 \quad 6 \phi 18$$

$$A_{s\,Total} = A_s + A_s` = 2 * 1425 = 2850 \ mm^2$$

- Check $A_{s\,min.} = \frac{0.8}{100} * b * t = \frac{0.8}{100} * 300 * 1000 = 2400 \ mm^2$

$\therefore A_{s\,Total} > A_{s\,min.} \quad \therefore$ o.k.

- $n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{300 - 25}{18 + 25} = 6.25 = 6.0$



Example.

$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2$, st. 360/520

$b = 300mm$, $t = 800 \ mm$

$M_{U.L.} = 200 \ kN.m$, $P_{U.L.} = 1200 \ kN$

Req. Design the Sec. (Column)

Solution.

The dimension is given (300 * 800)

Check $\frac{P}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{1200 * 10^3}{25 * 300 * 800} = 0.20 > 0.04$ (Don't neglect P)

$\therefore$ Design the Sec. on both N.F. & B.M.

$$e = \frac{M}{P} = \frac{200}{1200} = 0.167 \ m$$

$$\frac{e}{t} = \frac{0.167}{0.80} = 0.21 < 0.50 \longrightarrow \text{Compresion Failure} \xrightarrow{use} \text{I.D.}$$

Using Interaction Diagram

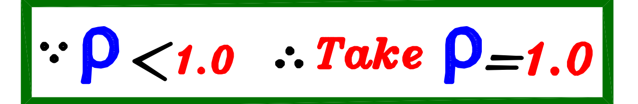
$$\zeta = \frac{800 - 100}{800} = 0.875 \xrightarrow{Take} \zeta = 0.8 \xrightarrow{use} \text{ECCS Design Aids Page 4-24}$$

$$\frac{P_U}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{1200 * 10^3}{25 * 300 * 800} = 0.20$$

$$\frac{M_U}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{200 * 10^6}{25 * 300 * 800^2} = 0.0416$$

$\Big\}\ \rho < 1.0$

$\rho = 1$



$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4} = 1.0 * 25 * 10^{-4} = 2.5 * 10^{-3}$$

$$A_s = A_{s`} = \mu * b * t = 2.5 * 10^{-3} * 300 * 800 = 600 \ mm^2$$

$$A_{s_{Total}} = A_s + A_{s`} = 2 * 600 = 1200 \ mm^2$$

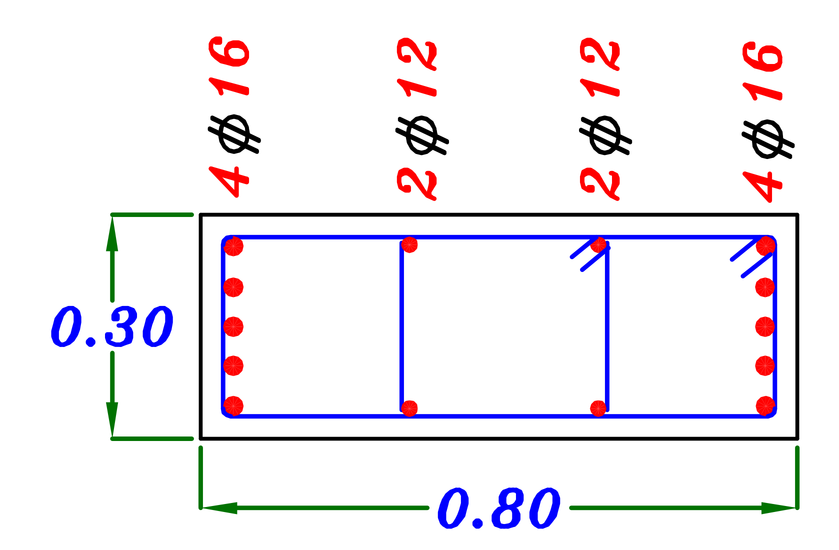


– Check $A_{s_{min.}} = \frac{0.8}{100} * b * t = \frac{0.8}{100} * 300 * 800 = 1920 \ mm^2$

$$\therefore A_{s_{Total}} < A_{s_{min.}}$$

$\therefore$ take $A_s = A_{s`} = \frac{A_{s_{min.}}}{2} = \frac{1920}{2} = 960 \ mm^2$ 5 ϕ16

– $n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{300 - 25}{16 + 25} = 6.70 = 6.0$



Example.

$F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2$ st. 360/520

$b = 300\ mm$, $t = 900\ mm$

$M_{U.L.} = 650\ kN.m$, $P_{U.L.} = 500\ kN$

Req. Design the Sec. (Beam)

Solution.

Check $\frac{P}{F_{cu}\,b\,t} = \frac{500*10^3}{25*300*900} = 0.074 > 0.04$ (Don't neglect P)

$\therefore$ Design the Sec. on both N.F. & B.M.

$$e = \frac{M}{P} = \frac{650}{500} = 1.30\ m$$

$$\frac{e}{t} = \frac{1.30}{0.90} = 1.44 > 0.50 \longrightarrow \text{Tension Failure} \xrightarrow{use} e_s$$

$$e_s = e + \frac{t}{2} - c = 1.30 + \frac{0.90}{2} - 0.05 = 1.70\ m$$

$$M_s = P * e_s = 500 * 1.70 = 850\ kN.m$$

$$\therefore d = C_1 \sqrt{\frac{M_s}{F_{cu}\,b}} \quad \therefore 850 = C_1 \sqrt{\frac{850*10^6}{25*300}} \rightarrow C_1 = 2.52 < 2.78$$

$\because C_1 = 2.52 < 2.78 \longrightarrow$ The section is over reinforced section.

We have Three solutions.

1 – Increase Dimensions. (IF dimensions are not given)

2 – Use A_s' From ΔM ⎤
3 – Use A_s' From I.D. ⎦ (IF dimensions are given)

- IF using $A_{s'}$ From ΔM

$a_{min} = 0.10\, d = 0.10 * 850 = 85$ mm

$a_{max} = 0.8\left(\frac{2}{3}\right)\left[\frac{600}{600 + (F_y \backslash \gamma_s)}\right] * d = 0.35 d = 0.35 * 850 = 297.5$ mm

$M_{U.L._{max}} = \frac{2}{3}\frac{F_{cu}}{\gamma_c}\, a_{max}\, b\left(d - \frac{a_{max}}{2}\right)$

$= \frac{2}{3}\left(\frac{25}{1.5}\right)(297.5)(300)\left(850 - \frac{297.5}{2}\right) = 695406250$ N.mm $= 695.4$ kN.m

- Get $\Delta M = M_S - M_{U.L._{max.}} = 850 - 695.4 = 154.6$ kN.m

- Get $A_{s'}$ From $\Delta M = A_{s'} \frac{F_y}{\gamma_s}(d - d')$

$\therefore 154.6 * 10^6 = A_{s'}\left(\frac{360}{1.15}\right)(850 - 50) \longrightarrow A_{s'} = 617.3\ mm^2$

From Code Page (4-6) Table (4-1)

3 ϕ18

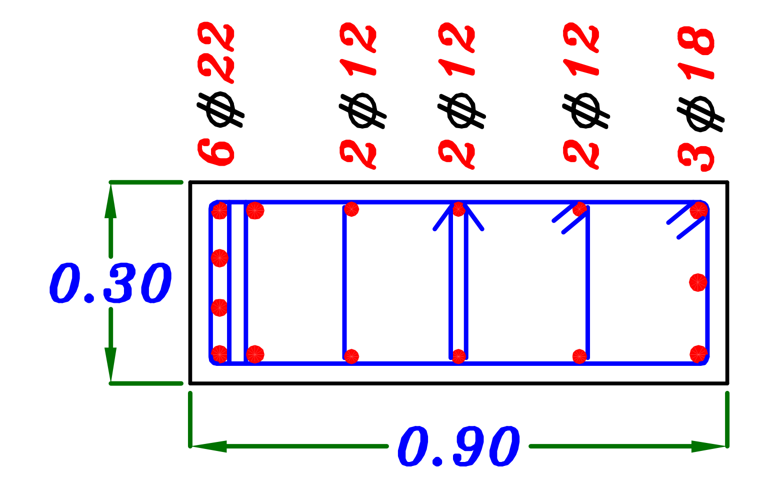
$\mu_{max.} = 5 * 10^{-4} F_{cu} = 5 * 10^{-4} * 25 = 0.0125$

$\therefore A_{s_{max}} = \mu_{max.}\, b\, d + A_{s'} = 0.0125(300)(850) + 617.3 = 3804.8\ mm^2$

$A_s = A_{s_{max}} - \frac{P_{U.L.}}{(F_y \backslash \gamma_s)} = 3804.8 - \frac{500 * 10^3}{(360 \backslash 1.15)} = 2207.57\ mm^2$

6 ϕ22

- $n = \frac{b - 25}{\phi + 25} = \frac{300 - 25}{22 + 25} = 5.85 = 5.0$



- IF using $A_{s`}$ From I.D.

Interaction Diagram نصمم القطاع باستخدام

يفضل اختيار $\alpha = \frac{A_{s`}}{A_s} = (0.2 \rightarrow 0.4)$

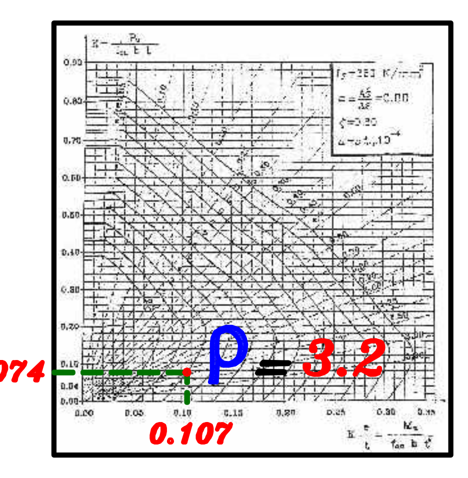
لكن الجداول الموجوده فى ال ESSC يوجد بها $\alpha = 0.8$ or $\alpha = 1.0$ فقط

لذا سنختار قيمه $\alpha = 0.8$

$\zeta = \frac{900 - 100}{900} = 0.88 = 0.80$ $\xrightarrow{use}$ ECCS Design Aids Page 4–36

$$\frac{P_U}{F_{cu}\ b\ t} = \frac{500 * 10^3}{25 * 300 * 900} = 0.074$$

$$\frac{M_U}{F_{cu}\ b\ t^2} = \frac{650 * 10^6}{25 * 300 * 900^2} = 0.107$$



$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4} = 3.2 * 25 * 10^{-4} = 8.0 * 10^{-3}$

$A_s = \mu * b * t = 8.0 * 10^{-3} * 300 * 900 = 2160\ mm^2$

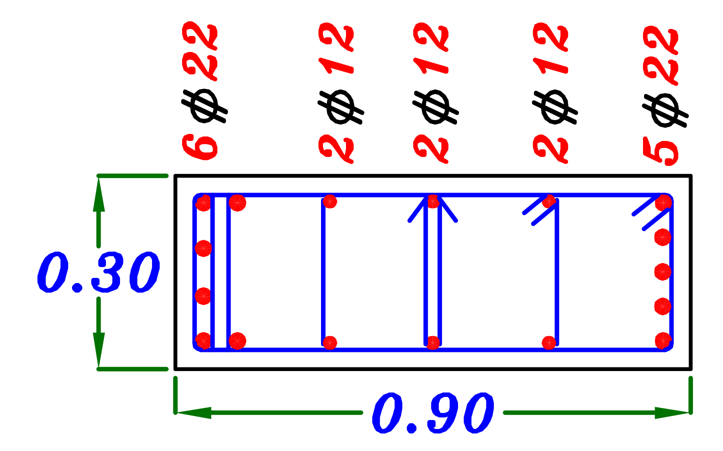
$A_{s`} = \alpha * A_s = 0.8 * 2160 = 1728\ mm^2$

$A_{s\,Total} = A_s + A_{s`} = 2160 + 1728 = 3888\ mm^2$

Check $A_{s\,min.} = \frac{0.8}{100} * b * t = \frac{0.8}{100} * 300 * 900 = 2160\ mm^2$

$\therefore A_{s\,Total} > A_{s\,min.}$ $\therefore$ o.k.

$\therefore A_s = 2160\ mm^2$ 6 ϕ22 $A_{s`} = 1728\ mm^2$ 5 ϕ22



Summary of design sections subjected to M, P ملخص

① **Get Dimensions of the section.** $(b \times t)$ اذا كانت الابعاد غير موجوده

- Take $b = (300\ mm$ or $350\ mm$ or $400\ mm)$

Get $t_1 = d_1 + cover$ where $d_1 = 3.5\sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}\, b}}$

Get t_2 From $P_{U.L.} = 0.35\,(b\,t_2)\,F_{cu} + 0.67\,\frac{(b\,t_2)}{100}\,F_y$

- Take $t = (1.1 \rightarrow 1.3)\, t_o$ where t_o = The bigger value of t_1 & t_2

② **Check IF «P» neglected or not.**

Calculate $K = \frac{P_{U.L.}}{F_{cu}\, b\, t}$ → IF

IF $K \leqslant 0.04$ neglect P

$$d = C_1\sqrt{\frac{M_{U.L.}}{F_{cu}(b \text{ or } B)}} \qquad A_s = \frac{M_{U.L.}}{J\, F_y\, d}$$

IF $K > 0.04$ don't neglect P

Design the Sec. on both M, P

- Take the same b, t From step ①

③ **Get Reinforcement A_s, A_s'**

- Get $e = \frac{M_{U.L.}}{P_{U.L.}}$ - Get $\frac{e}{t}$

t هو العرض الموازى لل moment

IF $\frac{e}{t} \geqslant 0.5$

Big Eccentricity $\xrightarrow{use}$ e_s

- $e_s = e + \frac{t}{2} - c$
- $M_s = P_{U.L.} * e_s$
- From $d = C_1\sqrt{\frac{M_s}{F_{cu}\, b}} \xrightarrow{Get} C_1$ & J
- $A_s = \frac{M_s}{J\, F_y\, d} - \frac{P_{U.L.}}{(F_y/\gamma_s)}$

Check $A_{s_{min}} = \left(0.225 * \frac{\sqrt{F_{cu}}}{F_y}\right) b\, d$

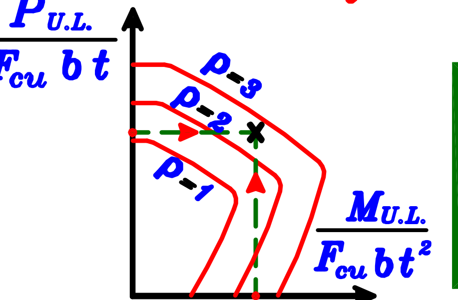
IF $\frac{e}{t} < 0.5$

small Eccentricity $\xrightarrow{use}$ I.D.

نحدد ال I.D. المناسب من كتاب الجداول على حسب كل من

F_y , $\zeta = \frac{t - 2\,Cover}{t}$, $\alpha = \frac{A_s'}{A_s} = 1$

نحدد قيمه ρ



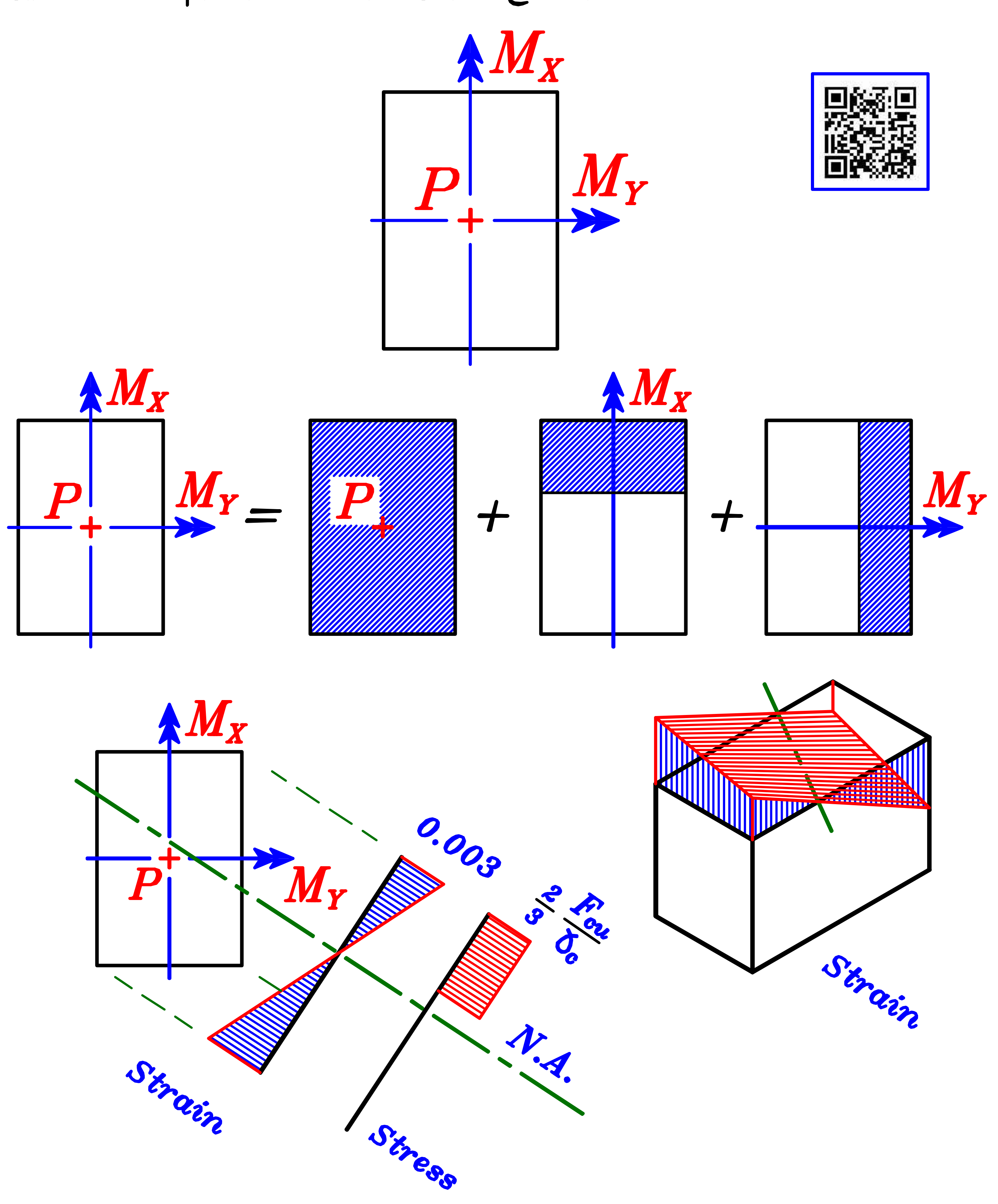
$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4}$$
$$A_s = \mu * b * t$$
$$A_s' = \alpha * A_s$$

Check $A_{s\,Total} = A_s + A_s'$

with $A_{s_{min}} = \frac{0.8}{100} * b * t$

Introduction.

هو قطاع معرض لقوى ضغط و عزم فى الاتجاهين **Bi-Axial Moment**

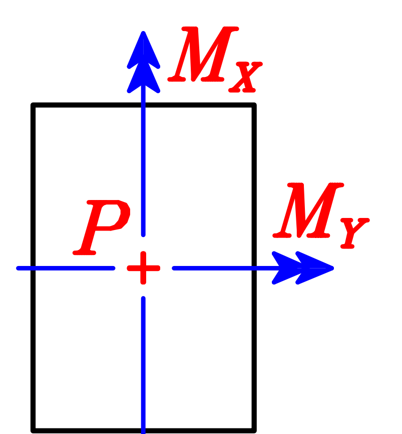


لتصميم قطاع **Bi-Axial Moment**

توجد عده طرق :

منها التصميم بـ **First Principles**

و هى صعبه جدا و لن يتم دراستها فى هذا الملف .





و سندرس فقط التصميم بال **Interaction Diagram (I.D.)**

ال **(I.D.)** للقطاعات ال **Bi-Axial Moment**

المفروض أن يكون ثلاثى الابعاد **3-D (I.D.)**

بحيث ان كل نقطه تتكون من P, M_X, M_Y

اذا كانت موجوده داخل ال **3-D (I.D.)**

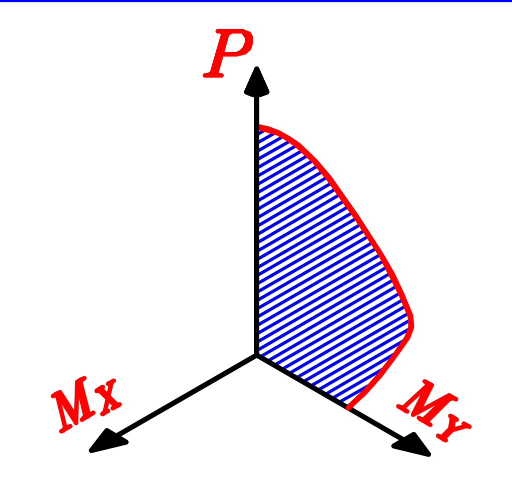
يكون القطاع **Safe**

و اذا كانت النقطه التى تتكون

من P, M_X, M_Y خارج ال **3-D (I.D.)**

يكون القطاع **Unsafe**

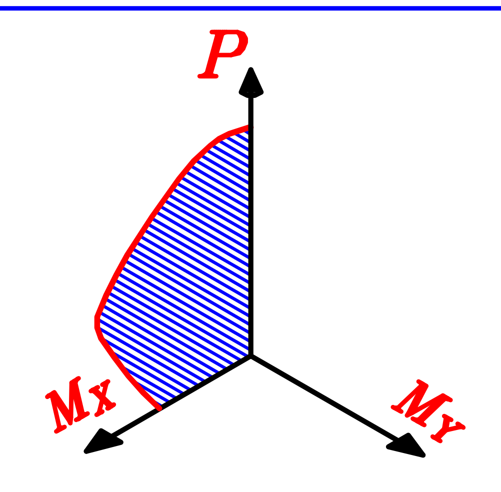
3 Dimensional (I.D.)



عندما يؤثر على القطاع P, M_X فقط

أى $M_Y = Zero$ سنحتاج لـ **(I.D.)**

يسمى **Uniaxial (I.D.)**

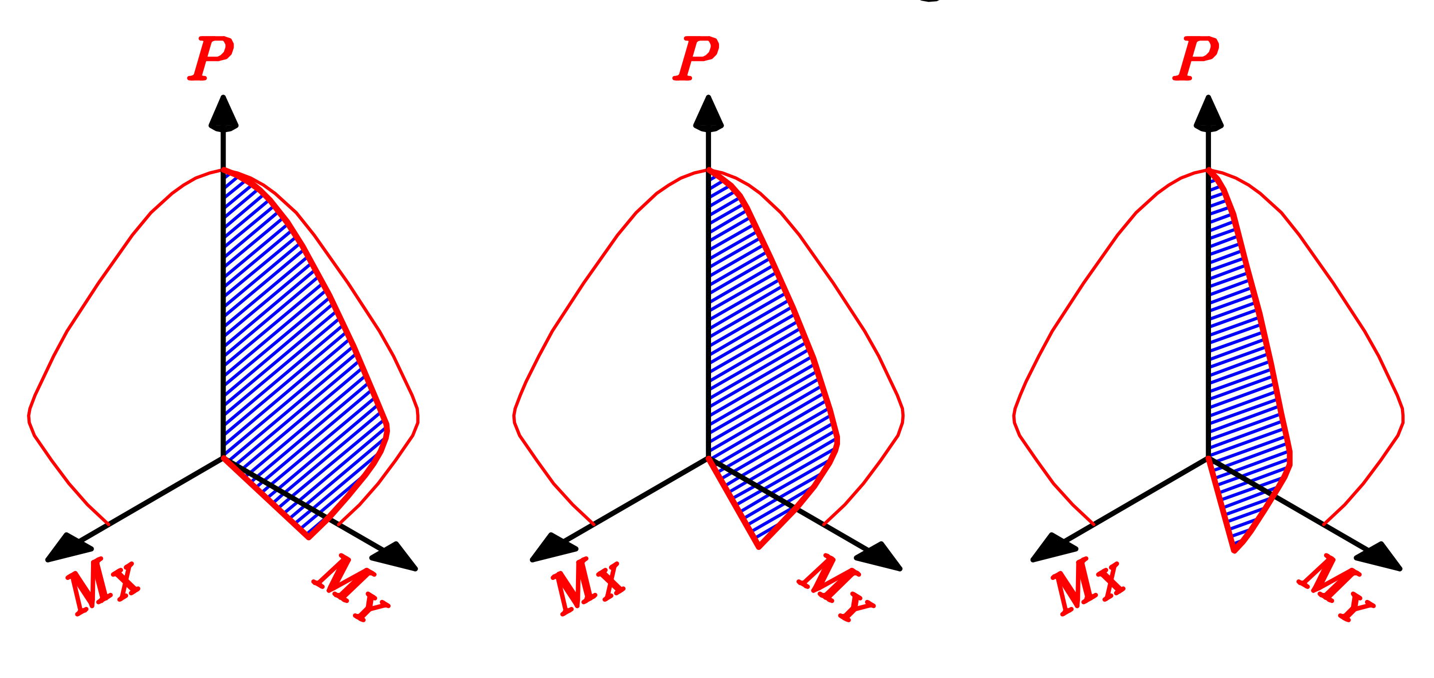


عندما يؤثر على القطاع P, M_Y فقط

أى $M_X = Zero$ سنحتاج لـ **(I.D.)**

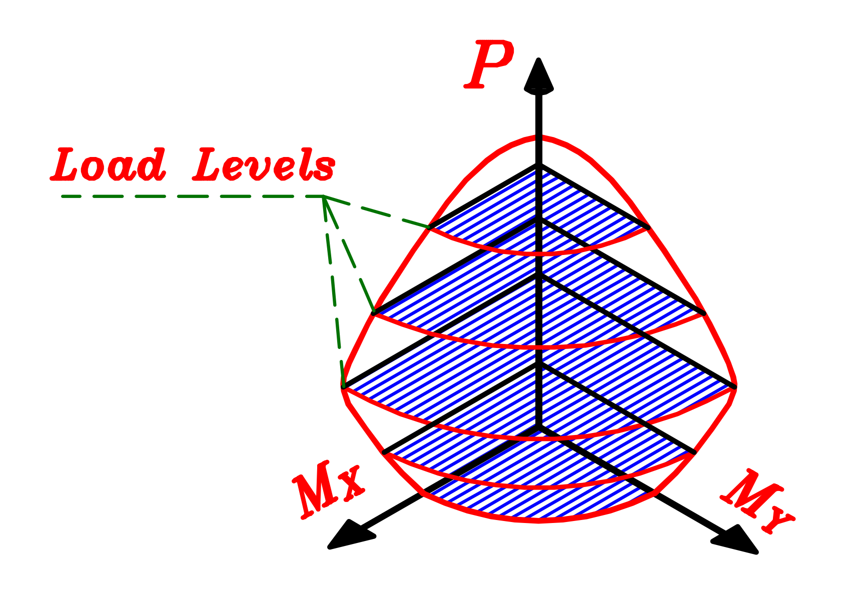
يسمى **Uniaxial (I.D.)**

ستتغير زاويه ال *I.D.* مع تغير قيمه كلا من M_Y و M_X



لكى نستطيع استخدام ال **(I.D.)** لتصميم قطاعات ال ***Bi-Axial Moment***

يتم قطع ال ***3-D*** **(I.D.)** بمستويات أفقيه أى مع كل تغير لقيمه ***P*** و تسمى ***Load Levels***



بحيث عند قيمه ***P*** معينه اى عند ***Load Level*** معينه

مع أخذ مقطع أفقى سيكون شكله

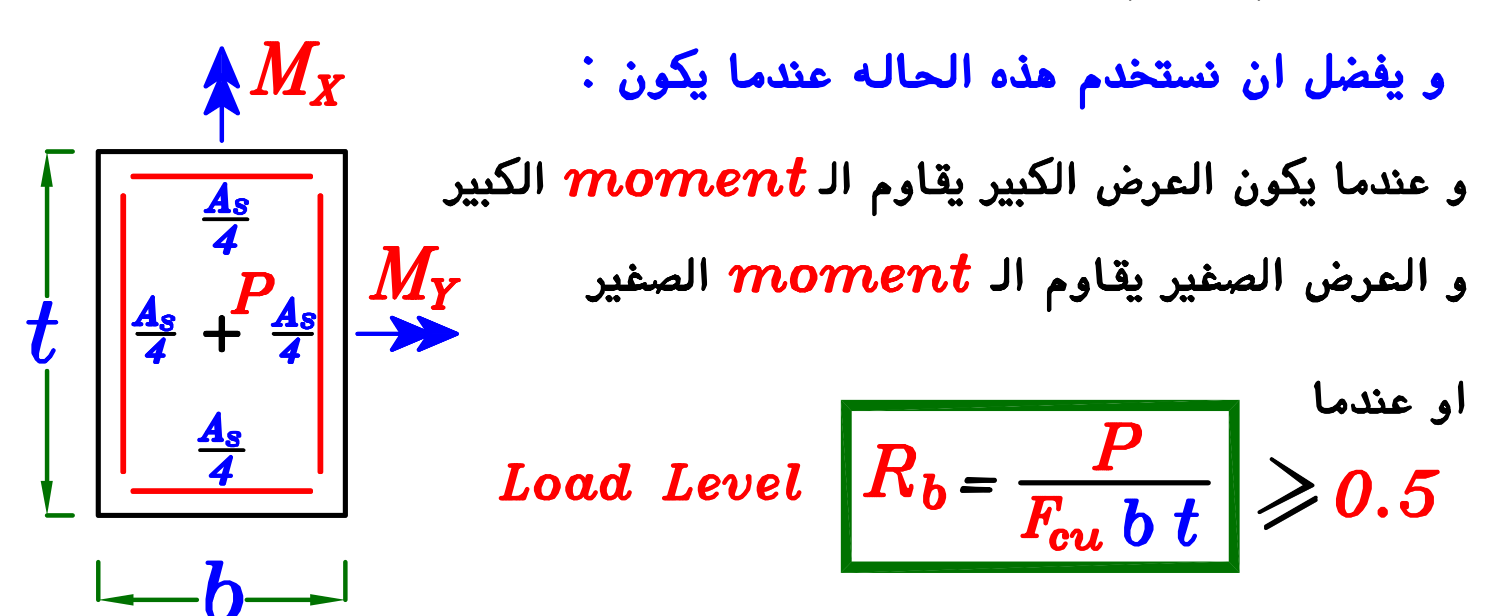


لتصميم قطاع *Bi-Axial Moment* بال *Inter Action Diagram*

يوجد حالتان .

1 – Symmetrical RFT.

و فيها يتم تقسيم التسليح الكلى على الاربعه جهات بالتساوى .



و يفضل ان نستخدم هذه الحالة عندما يكون :

و عندما يكون العرض الكبير يقاوم ال *moment* الكبير

و العرض الصغير يقاوم ال *moment* الصغير

او عندما

Load Level $R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t} \geqslant 0.5$

2 – Unsymmetrical RFT.

M_X

$\frac{A_{s1}}{2}$

P

M_Y

$\frac{A_{s2}}{2}$ $\frac{A_{s2}}{2}$

$\frac{A_{s1}}{2}$

و فيها يتم حساب كميه تسليح كل *moment*

على حده و تقسيم هذا التسليح الى نصفين

و يفضل ان نستخدم هذه الحالة عندما يكون :

عندما

Load Level $R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t} \leqslant 0.5$

و عندما يكون العرض الكبير لا يقاوم ال *moment* الكبير

أو عندما يكون الفرق كبير بين طول و عرض القطاع

فلا يكون من المناسب ان نضع التسليح متساوى فى الاربع جهات .

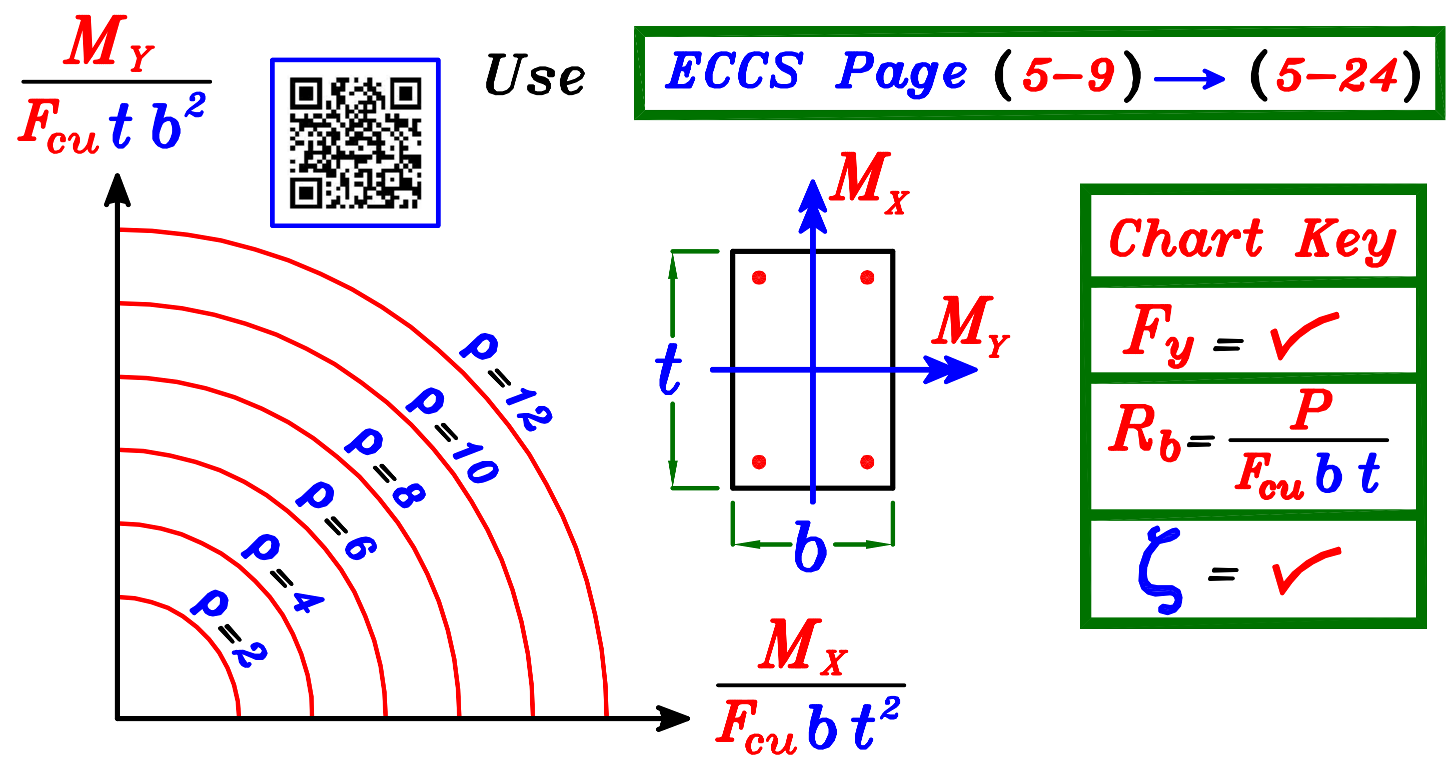
1 – Symmetrical RFT.

و يوجد طريقتان لتصميم القطاع ال *Biaxial* و يكون *Symmetrical RFT.*

1 – Use *Biaxial I.D.*

2 – Use *Uniaxial I.D.*

Design using (*Biaxial Bending Interaction Diagram*)
(*Symmetrical arrangement of reinforcement*)



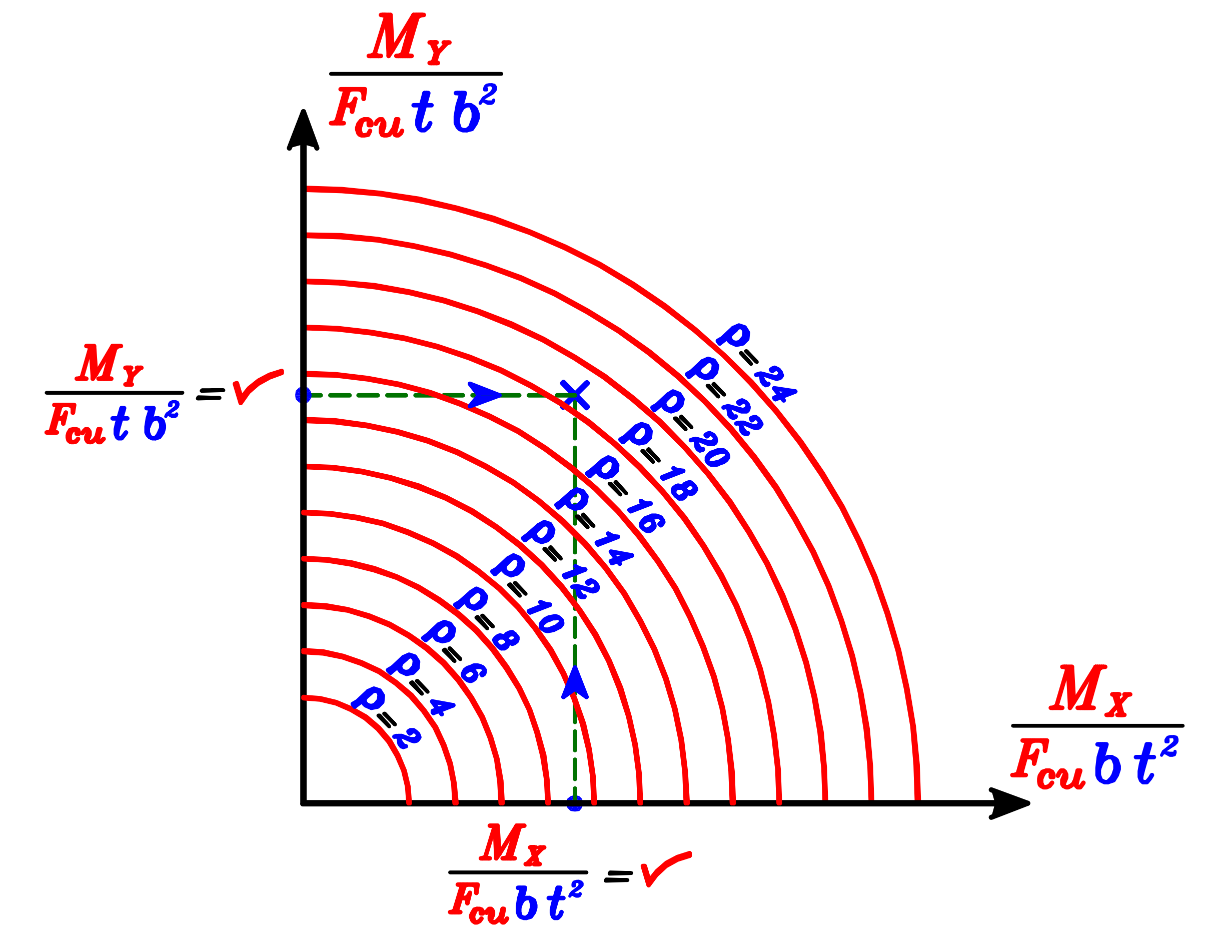
لتحديد أى *Chart* سيستخدم نحدد قيمه كل من F_y , R_b , ζ

$$R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t}$$

$$\zeta = \frac{t - 2Cover}{t} = 0.9$$ لانها القيمه الوحيده الموجوده فى الجداول

بعد تحديد ال *Curve* بمعرفه كل من F_y , R_b , ζ

نحدد قيمه كل من $\boxed{\frac{M_Y}{F_{cu}\, t\, b^2}}$, $\boxed{\frac{M_X}{F_{cu}\, b\, t^2}}$



ثم نحدد قيمة ρ كما هو موضح

ثم نعوض فى المعادلات الأتيه لتحديد قيمه $A_{s\,total}$

$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4}$$

$$A_{s\,total} = \mu * b * t$$

$$A_{s\,min} = \frac{0.8}{100} * b * t$$

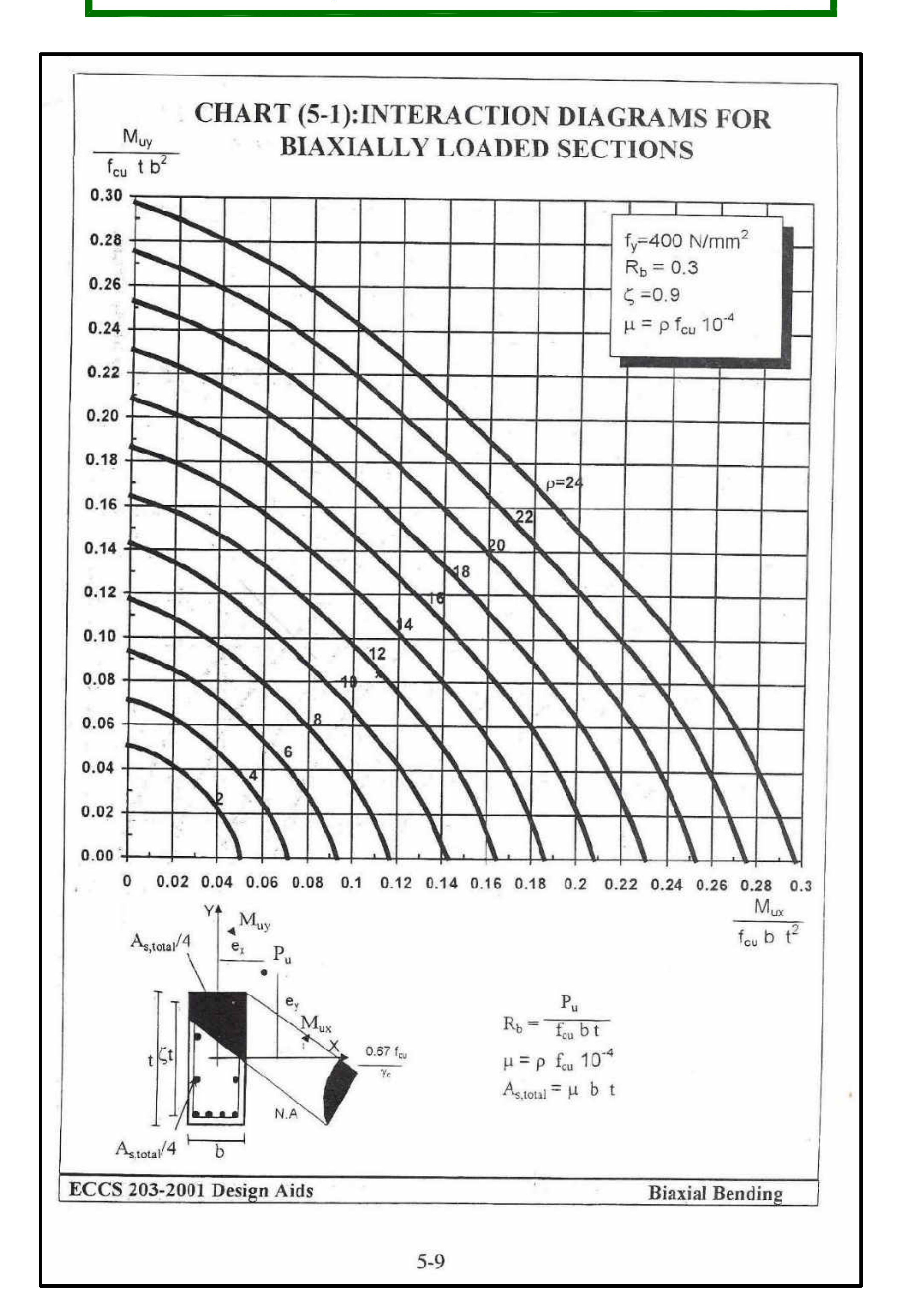
نقارن $A_{s\,total}$ بال $A_{s\,min}$ و نضع القيمه الاكبر.

و يجب أن يكون عدد الاسياخ يقبل القسمه على ٤

نضع أربع أسياخ فى الاركان

ثم يقسم باقى الحديد بالتساوى على الاربع جهات

$\frac{A_s}{4}$ $\frac{A_s}{4}$ $\frac{A_s}{4}$ $\frac{A_s}{4}$


CHART (5-1):INTERACTION DIAGRAMS FOR BIAXIALLY LOADED SECTIONS
$\frac{M_{uy}}{f_{cu}\ t\ b^2}$
0.30
0.28
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.12 0.14 0.16 0.18 0.2 0.22 0.24 0.26 0.28 0.3
$\frac{M_{ux}}{f_{cu}\ b\ t^2}$
f_y=400 N/mm^2
R_b = 0.3
ζ =0.9
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
ρ=24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
Y
M_{uy}
$A_{s,total}/4$
e_x
P_u
e_y
M_{ux}
X
0.67 f_{cu} / γ_c
t
ζt
N.A
$A_{s,total}/4$
b
$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}\ b\ t}$
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
$A_{s,total} = \mu\ b\ t$
ECCS 203-2001 Design Aids
Biaxial Bending
5-9

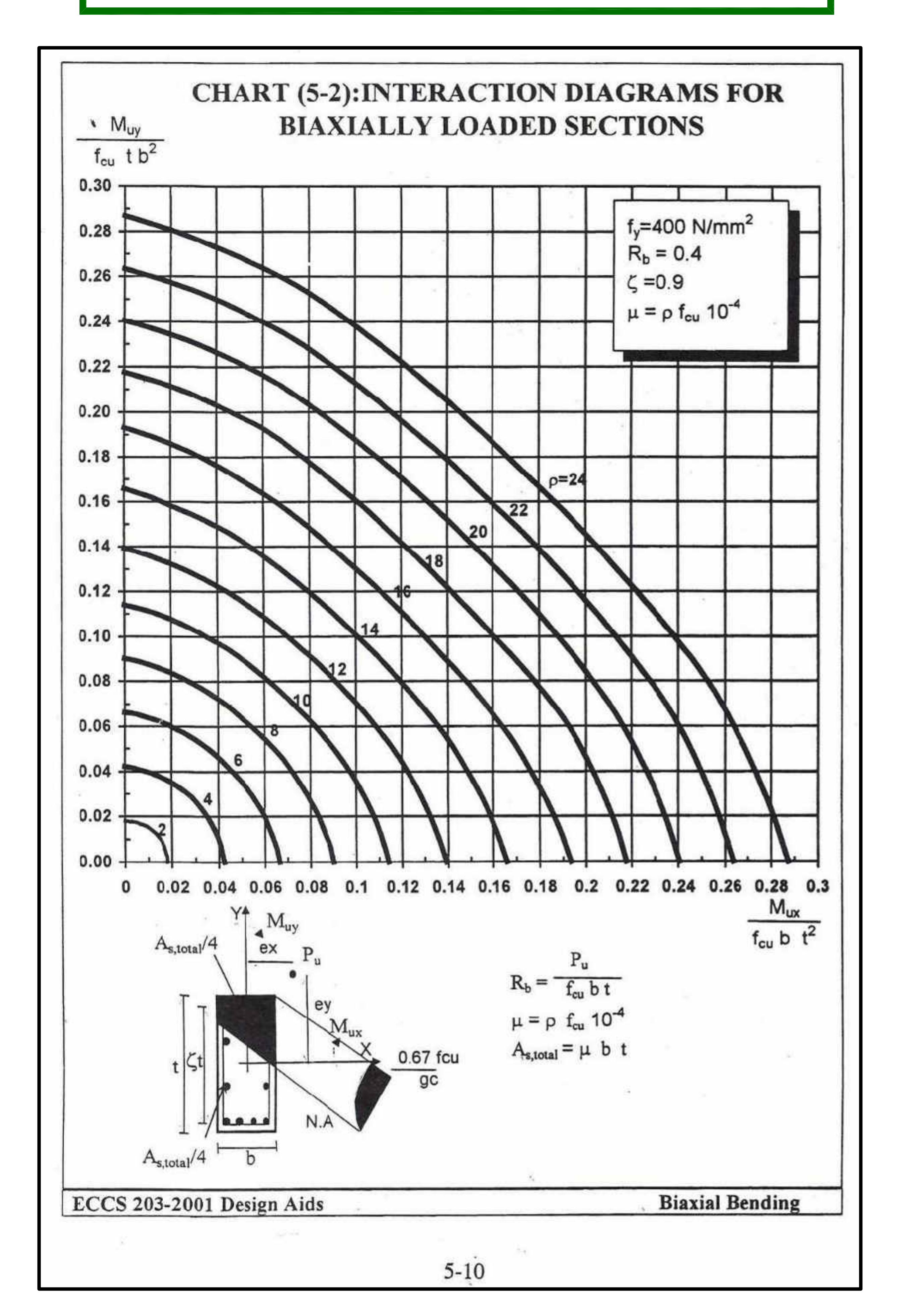
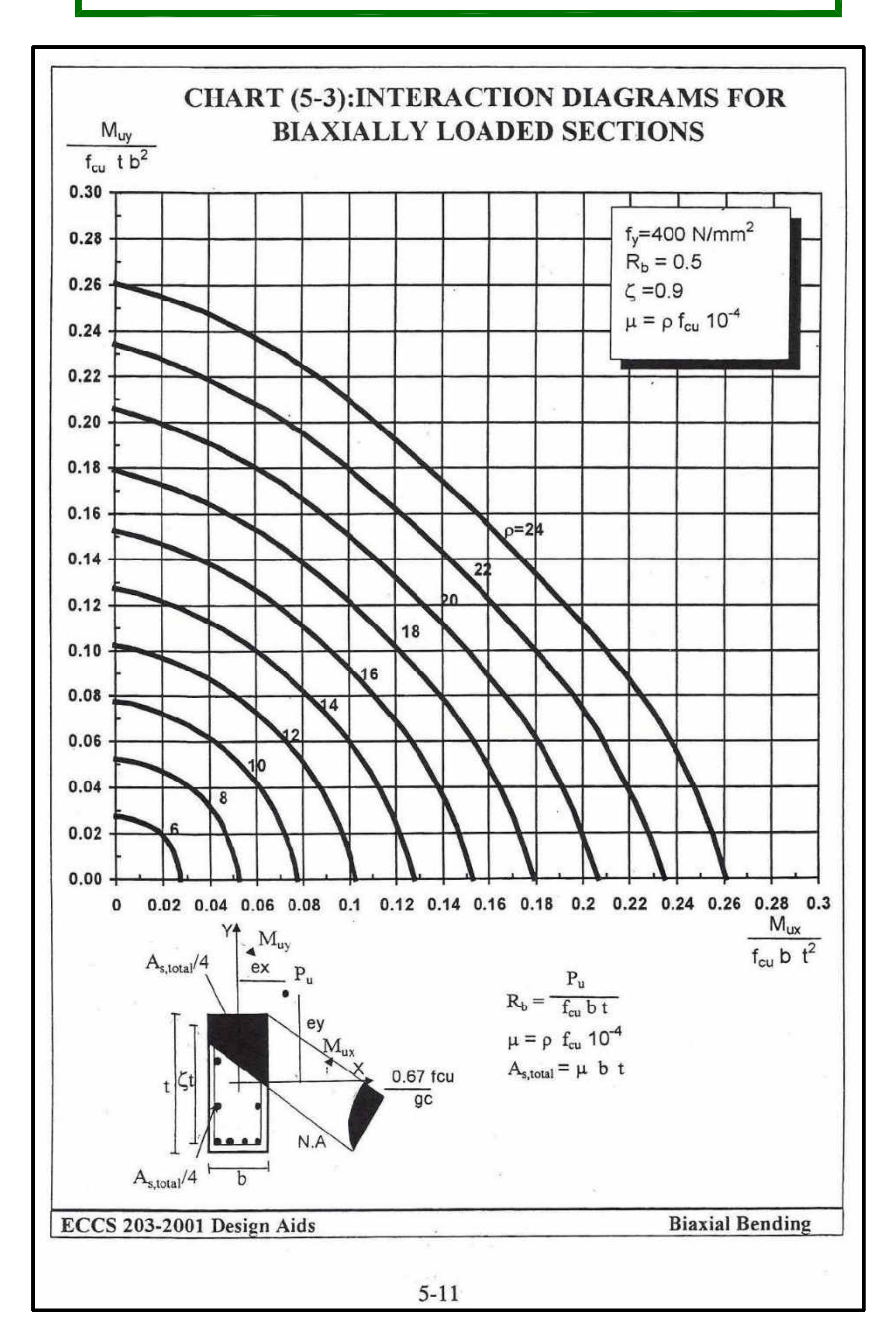
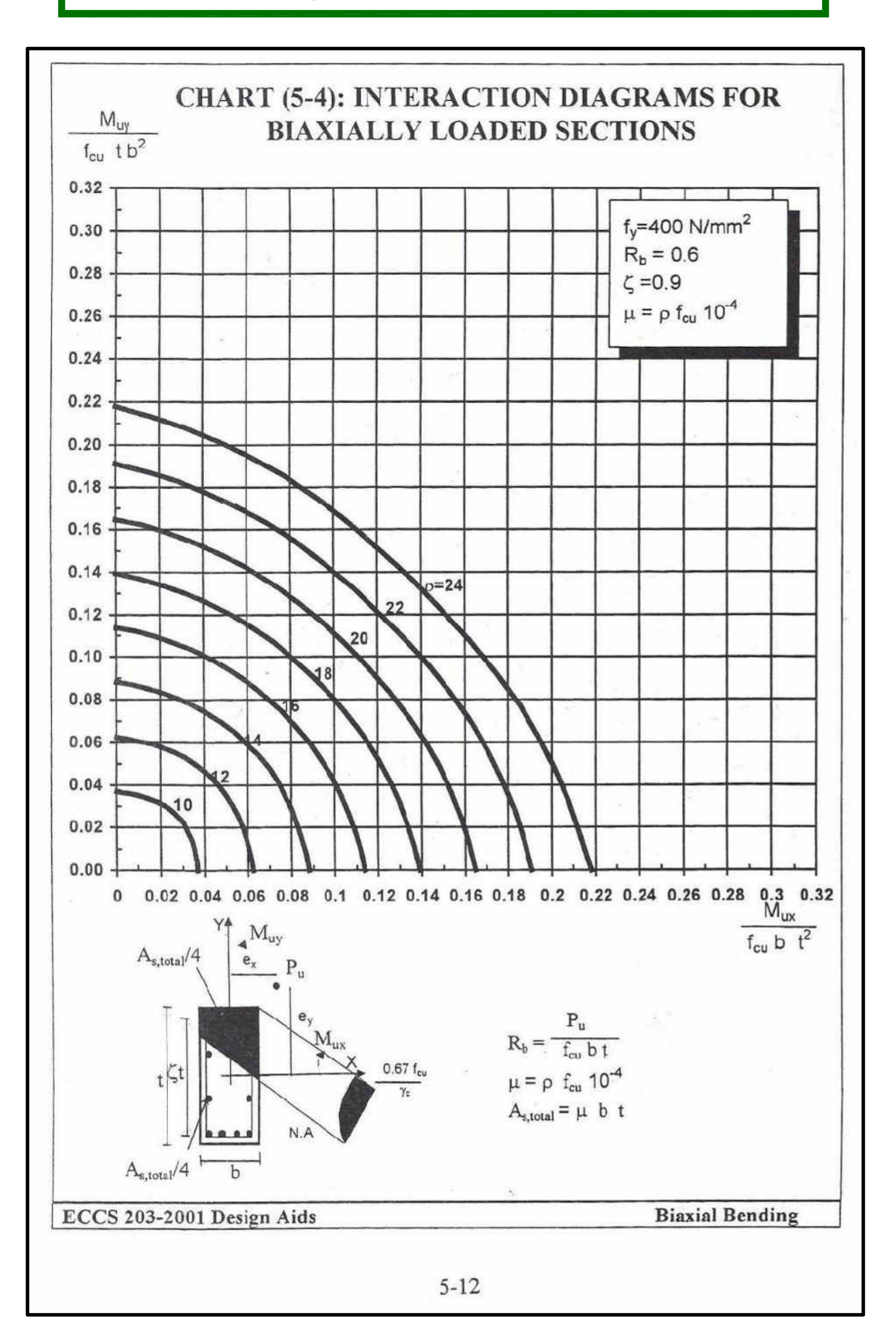
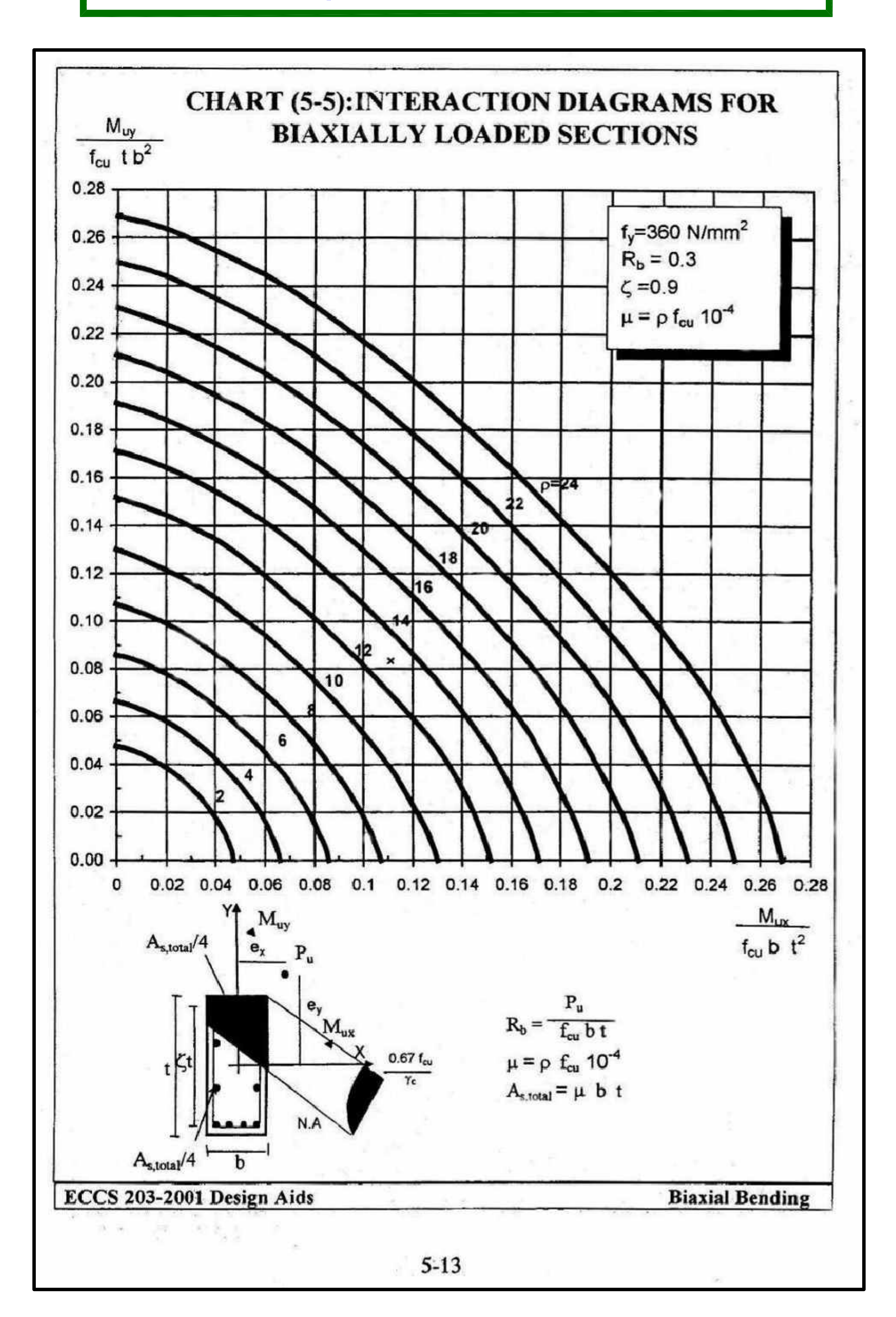


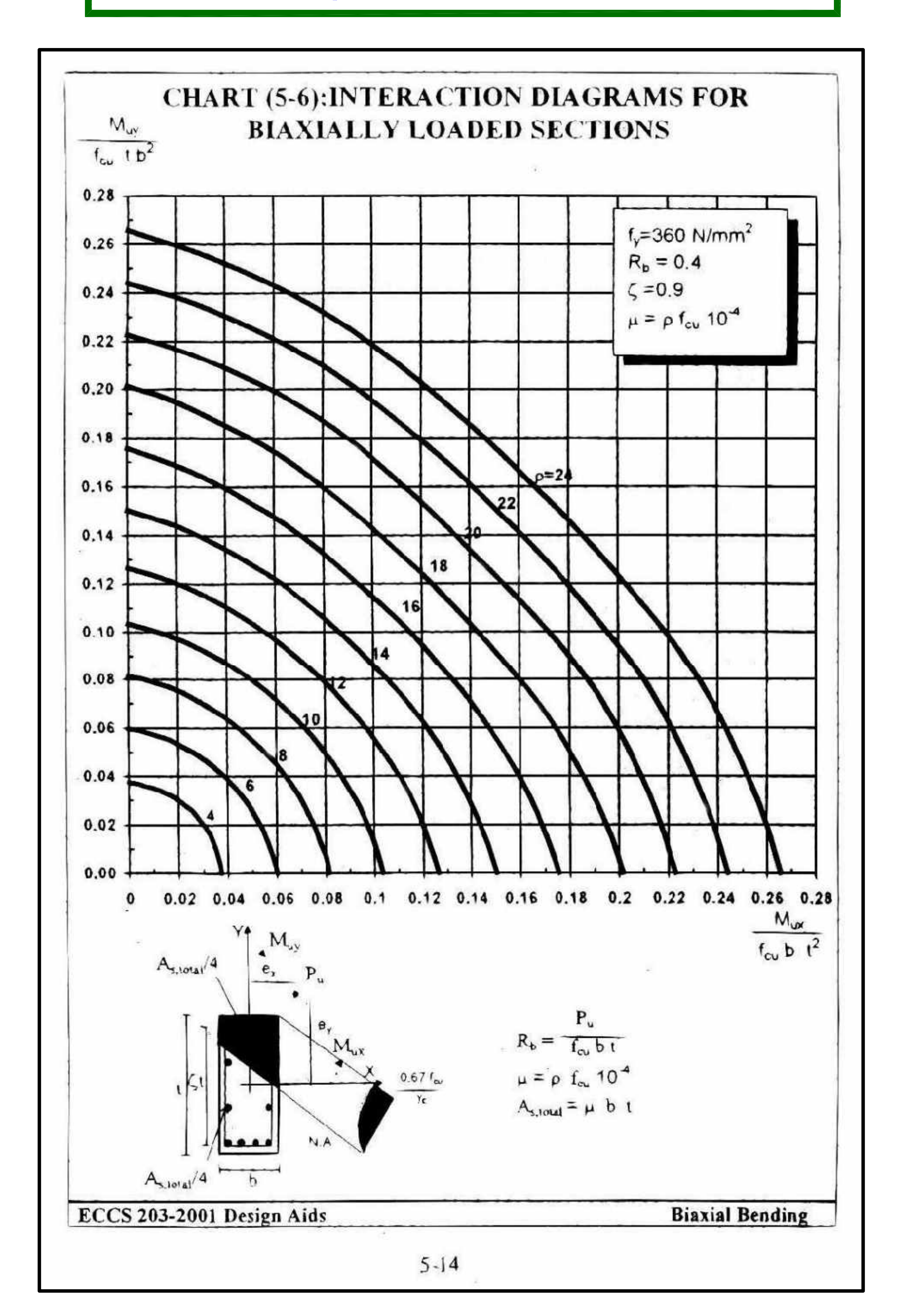
CHART (5-2):INTERACTION DIAGRAMS FOR
BIAXIALLY LOADED SECTIONS
$\frac{M_{uy}}{f_{cu}\ t\ b^2}$
0.30
0.28
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.12 0.14 0.16 0.18 0.2 0.22 0.24 0.26 0.28 0.3
$\frac{M_{ux}}{f_{cu}\ b\ t^2}$
f_y=400 N/mm^2
R_b = 0.4
ζ =0.9
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
ρ=24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
Y
M_{uy}
ex
P_u
$A_{s,total}/4$
ey
M_{ux}
X
0.67 fcu / gc
t
ζt
N.A
$A_{s,total}/4$
b
$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}\ b\ t}$
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
$A_{s,total} = \mu\ b\ t$
ECCS 203-2001 Design Aids
Biaxial Bending
5-10


CHART (5-3):INTERACTION DIAGRAMS FOR BIAXIALLY LOADED SECTIONS
$\frac{M_{uy}}{f_{cu}\ t\ b^2}$
f_y=400 N/mm^2
R_b = 0.5
ζ =0.9
μ = ρ f_{cu} 10^{-4}
ρ=24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
0.30
0.28
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.12 0.14 0.16 0.18 0.2 0.22 0.24 0.26 0.28 0.3
$\frac{M_{ux}}{f_{cu}\ b\ t^2}$
Y
M_{uy}
$A_{s,total}/4$
ex
P_u
ey
M_{ux}
X
t
ζt
0.67 fcu / gc
N.A
$A_{s,total}/4$
b
$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}\ b\ t}$
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
$A_{s,total} = \mu\ b\ t$
ECCS 203-2001 Design Aids
Biaxial Bending


CHART (5-4): INTERACTION DIAGRAMS FOR BIAXIALLY LOADED SECTIONS
$\frac{M_{uy}}{f_{cu}\ t\ b^2}$
f_y=400 N/mm²
R_b = 0.6
ζ =0.9
μ = ρ f_{cu} 10^{-4}
ρ=24
22
20
18
16
14
12
10
0.32
0.30
0.28
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
0.12
0.14
0.16
0.18
0.2
0.22
0.24
0.26
0.28
0.3
0.32
$\frac{M_{ux}}{f_{cu}\ b\ t^2}$
Y
M_{uy}
$A_{s,total}/4$
e_x
P_u
e_y
M_{ux}
X
0.67 f_{cu} / γ_c
t
ζt
N.A
$A_{s,total}/4$
b
$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}\ b\ t}$
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
$A_{s,total} = \mu\ b\ t$
ECCS 203-2001 Design Aids
Biaxial Bending

5-12


CHART (5-5): INTERACTION DIAGRAMS FOR BIAXIALLY LOADED SECTIONS
$\frac{M_{uy}}{f_{cu}\ t\ b^2}$
f_y=360 N/mm²
R_b = 0.3
ζ =0.9
μ = ρ f_{cu} 10^{-4}
ρ=24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0.28
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.12 0.14 0.16 0.18 0.2 0.22 0.24 0.26 0.28
$\frac{M_{ux}}{f_{cu}\ b\ t^2}$
Y
M_{uy}
$A_{s,total}/4$
e_x
P_u
e_y
M_{ux}
X
$0.67 f_{cu}/\gamma_c$
t
ζt
N.A
$A_{s,total}/4$
b
$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}\ b\ t}$
μ = ρ f_{cu} 10^{-4}
$A_{s,total}$ = μ b t
ECCS 203-2001 Design Aids
Biaxial Bending
5-13


CHART (5-6):INTERACTION DIAGRAMS FOR BIAXIALLY LOADED SECTIONS
$\frac{M_{uy}}{f_{cu}\ t\ b^2}$
0.28
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.12 0.14 0.16 0.18 0.2 0.22 0.24 0.26 0.28
$\frac{M_{ux}}{f_{cu}\ b\ t^2}$
f_y=360 N/mm^2
R_b = 0.4
ζ =0.9
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
ρ=24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
Y
M_{uy}
e_x
P_u
$A_{s,total}/4$
e_y
M_{ux}
X
$0.67 f_{cu}/\gamma_c$
N.A
t
ζt
b
$A_{s,total}/4$
$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}\ b\ t}$
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
$A_{s,total} = \mu\ b\ t$
ECCS 203-2001 Design Aids
Biaxial Bending
5-14

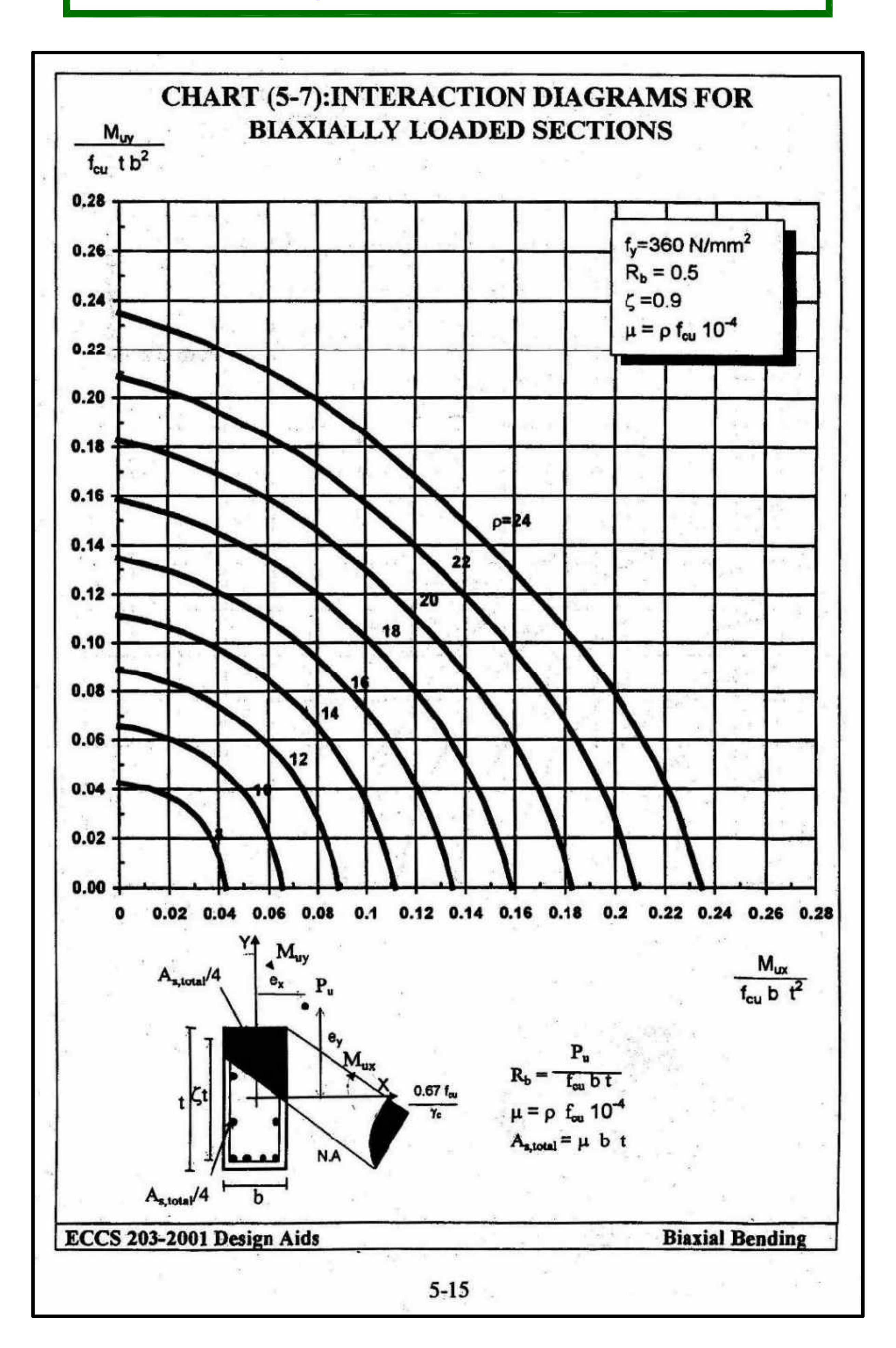


CHART (5-7):INTERACTION DIAGRAMS FOR BIAXIALLY LOADED SECTIONS
$\frac{M_{uy}}{f_{cu}\ t\ b^2}$
0.28
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.12 0.14 0.16 0.18 0.2 0.22 0.24 0.26 0.28
f_y=360 N/mm^2
R_b = 0.5
ζ =0.9
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
ρ=24
22
20
18
16
14
12
10
$\frac{M_{ux}}{f_{cu}\ b\ t^2}$
Y
M_{uy}
$A_{s,total}/4$
e_x
P_u
e_y
M_{ux}
X
$\frac{0.67\ f_{cu}}{\gamma_c}$
t
ζt
N.A
$A_{s,total}/4$
b
$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}\ b\ t}$
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
$A_{s,total} = \mu\ b\ t$
ECCS 203-2001 Design Aids
Biaxial Bending

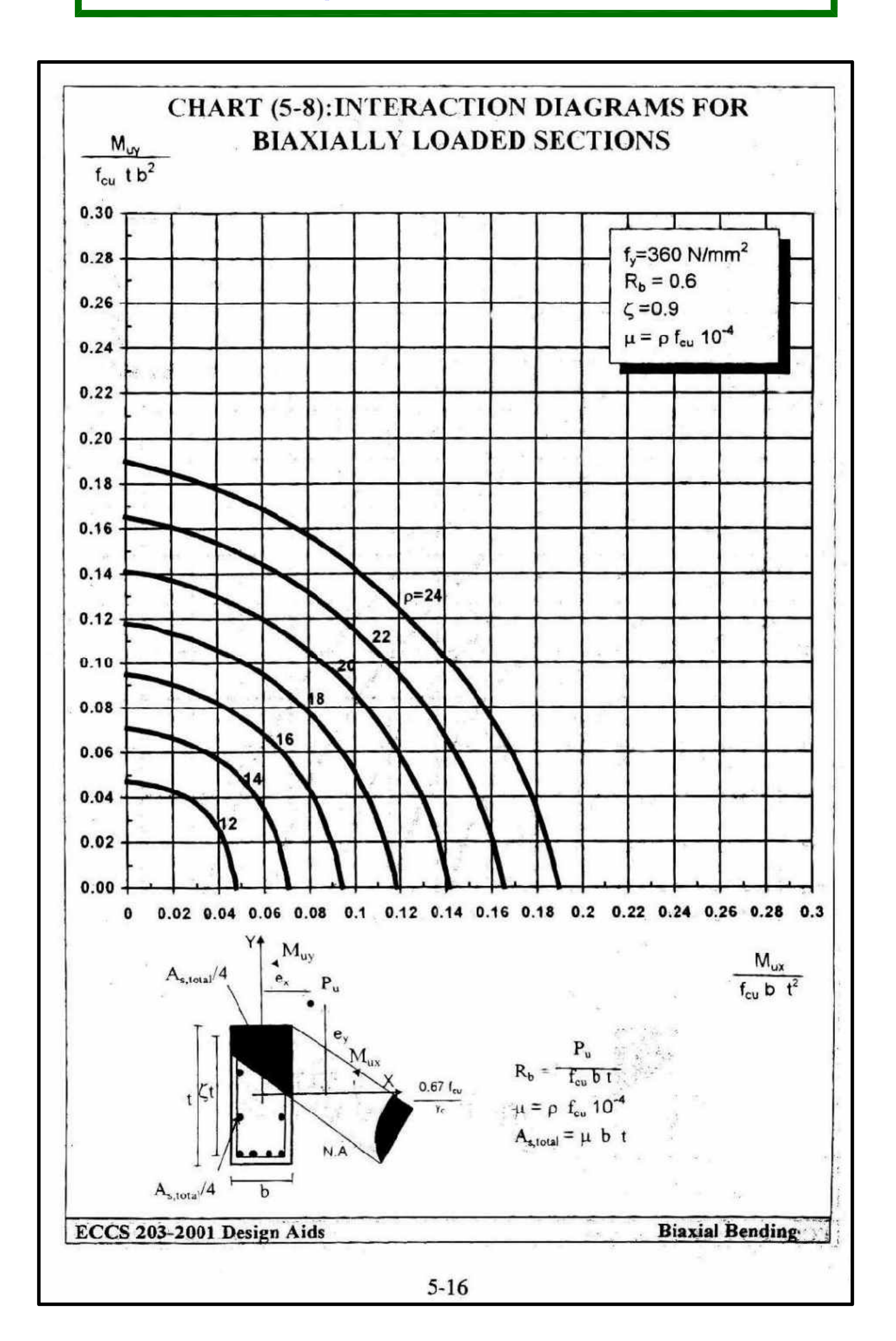


CHART (5-8):INTERACTION DIAGRAMS FOR BIAXIALLY LOADED SECTIONS
$\frac{M_{uy}}{f_{cu}\ t\ b^2}$
0.30
0.28
0.26
0.24
0.22
0.20
0.18
0.16
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
f_y=360 N/mm^2
R_b = 0.6
ζ =0.9
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
ρ=24
22
20
18
16
14
12
0 0.02 0.04 0.06 0.08 0.1 0.12 0.14 0.16 0.18 0.2 0.22 0.24 0.26 0.28 0.3
$\frac{M_{ux}}{f_{cu}\ b\ t^2}$
Y
M_{uy}
$A_{s,total}/4$
e_x
P_u
e_y
M_{ux}
X
$0.67\ f_{cu}/\gamma_c$
t
ζt
N.A
$A_{s,total}/4$
b
$R_b = \frac{P_u}{f_{cu}\ b\ t}$
$\mu = \rho\ f_{cu}\ 10^{-4}$
$A_{s,total} = \mu\ b\ t$
ECCS 203-2001 Design Aids
Biaxial Bending

5-16

Example.

Data:

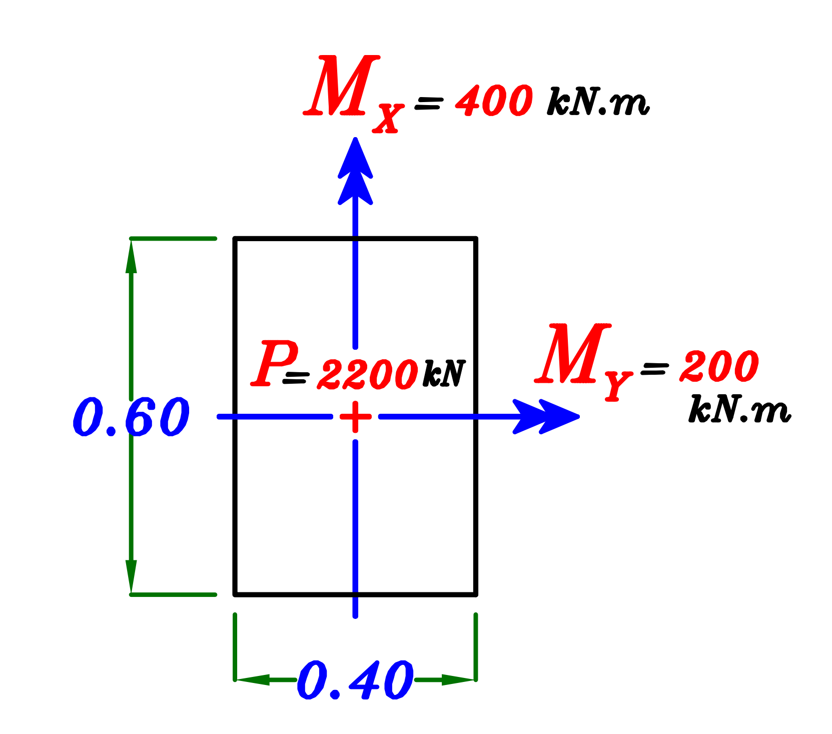
$F_{cu} = 25 \; N\backslash mm^2$

$F_y = 360 \; N\backslash mm^2$

$P_{U.L.} = 2200 \; kN$

$M_X \,(U.L.) = 400 \; kN.m$

$M_Y \,(U.L.) = 200 \; kN.m$



Req:

Design the Section.

---

assume $\zeta = 0.90$ ---------- ECCS لا توجد قيمه غيرها فى ال

$$R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{2200 * 10^3}{25 * 400 * 600} = 0.366 \longrightarrow \text{Not in ECCS}$$

لانه لا توجد قيمه لـ $R_b = 0.366$ فى كتاب ECCS فيتم حساب قيمتين لـ ρ
مره عند $R_b = 0.30$ و مره عند $R_b = 0.40$ ثم أخذ قيمه للـ ρ بينهم

For $R_b = 0.30 \longrightarrow$ **ECCS Page (5–13)**

$$\frac{M_X}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{400 * 10^6}{25 * 400 * 600^2} = 0.111$$

$$\frac{M_Y}{F_{cu}\, t\, b^2} = \frac{200 * 10^6}{25 * 600 * 400^2} = 0.083$$

$\rho = 12.8$

For $R_b = 0.40 \longrightarrow$ **ECCS Page (5–14)**

$$\frac{M_X}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{400 * 10^6}{25 * 400 * 600^2} = 0.111$$

$$\frac{M_Y}{F_{cu}\, t\, b^2} = \frac{200 * 10^6}{25 * 600 * 400^2} = 0.083$$

$\rho = 15$

نأخذ ρ قيمه بينهم

To get value of ρ For $R_b = 0.366$

$R_b = 0.30 \longrightarrow \rho = 12.8$

$R_b = 0.40 \longrightarrow \rho = 15$

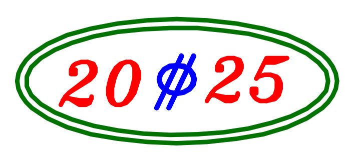
$\rho = 13.9$ نأخذ قيمه بينهم

$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4} = 13.9 * 25 * 10^{-4} = 0.03475$$

$$A_{S total} = \mu * b * t = 0.03475 * 400 * 600 = 8340 \ mm^2$$

- Check $A_{s\,min.} = \frac{0.8}{100} * b * t = \frac{0.8}{100} * 400 * 600 = 1920 \ mm^2$

$$A_S = A_{S total} = 8340 \ mm^2$$



4∅25

4∅25

0.60

0.40

Symmetrical RFT.



2- Design using (Uniaxial Bending Interaction Diagram)
(Symmetrical arrangement of reinforcement)

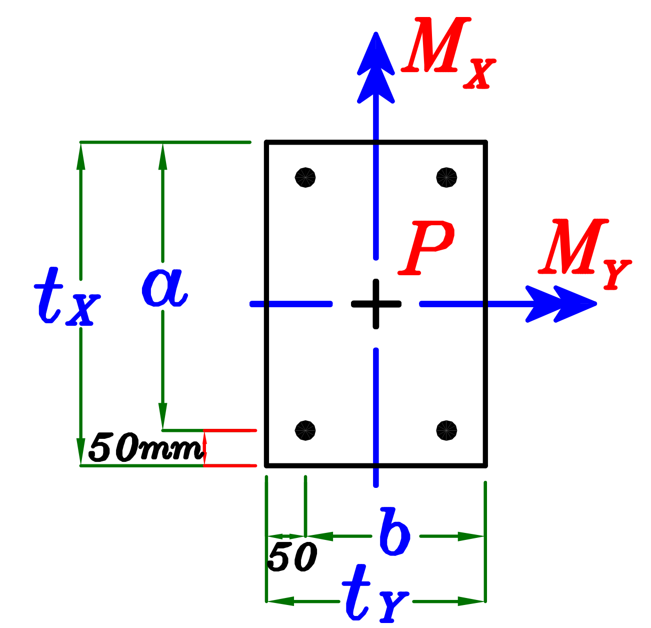
طريقه أخرى تعتمد على تحويل تأثير العزمين الى عزم واحد فقط مكافئ لهم.

نحدد قيمه d التى تقاوم M_X و تسمى مثلا a

$$a = t_X - 50\ mm$$

نحدد قيمه d التى تقاوم M_Y و تسمى مثلا b

$$b = t_Y - 50\ mm$$



نحدد العزم الذى سيكون تأثيره اقل على القطاع و نهمله و نأخذ العزم الذى تأثيره اكبر على القطاع و نعمل على تكبيره لكن يكون مكافئ للعزمين معا .

و لمعرفه اى عزم سيتم اهماله و ايهم سيتم تكبيره نحسب نسبه كل عزم على ال d التى ستقاومه .

Calculate $\dfrac{M_X}{a}$, $\dfrac{M_Y}{b}$

We have two cases:

① IF $\dfrac{M_X}{a} > \dfrac{M_Y}{b}$ —Neglect→ M_Y —And Calculate→ $M_X`$

② IF $\dfrac{M_Y}{b} > \dfrac{M_X}{a}$ —Neglect→ M_X —And Calculate→ $M_Y`$

① IF $\frac{M_X}{a} > \frac{M_Y}{b}$ $\xrightarrow{\text{Neglect}}$ M_Y $\xrightarrow{\text{And Calculate}}$ $M_{X`}$

Where:

$$M_{X`} = M_X + \beta \frac{a}{b} M_Y$$

$$\beta = 0.9 - \frac{R_b}{2}$$ --- $0.6 \leqslant \beta \leqslant 0.8$

IF $\beta < 0.6$ $\longrightarrow$ Take $\beta = 0.6$

IF $\beta > 0.8$ $\longrightarrow$ Take $\beta = 0.8$

Where R_b is the Load Level $R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t}$

Or we can use table in Code Page (6–59)

R_b	$\leqslant 0.2$	0.3	0.4	0.5	$\geqslant 0.6$
β	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60

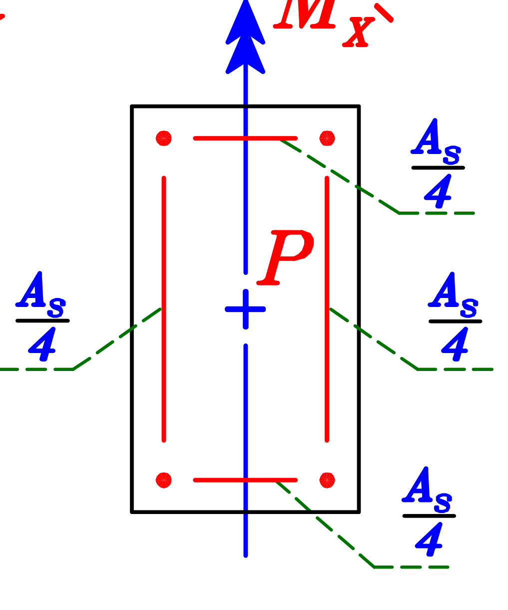
design the section on $P, M_{X`}$

Using Uniaxial I.D. even IF $\frac{e}{t} > 0.5$

Then get $A_s = A_{s`}$

$A_{s\ total} = A_s + A_{s`}$

Check $A_{s\ total}$ with $A_{s\ min} = \frac{0.8}{100} * b * t$



نضع أربع أسياخ فى الاركان

ثم يقسم باقى الحديد بالتساوى على الاربع جهات

② IF $\frac{M_Y}{b} > \frac{M_X}{a}$ Neglect → M_X And Calculate → $M_{Y'}$

Where: $$M_{Y'} = M_X + \beta \frac{b}{a} M_X$$

β is the same as before.

design the section on $P, M_{X'}$

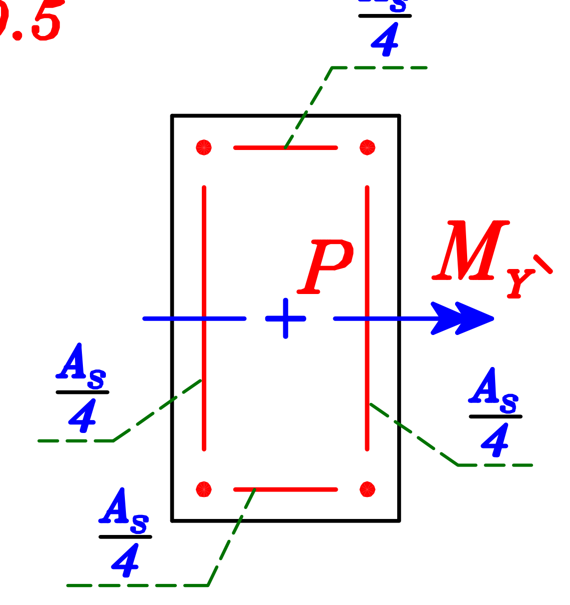
Using Uniaxial I.D. even IF $\frac{e}{t} > 0.5$

Then get $A_s = A_{s'}$

$A_{s\,total} = A_s + A_{s'}$

Check $A_{s\,total}$ with $$A_{s\,min} = \frac{0.8}{100} * b * t$$

نضع أربع أسياخ فى الاركان



Example.

Data:

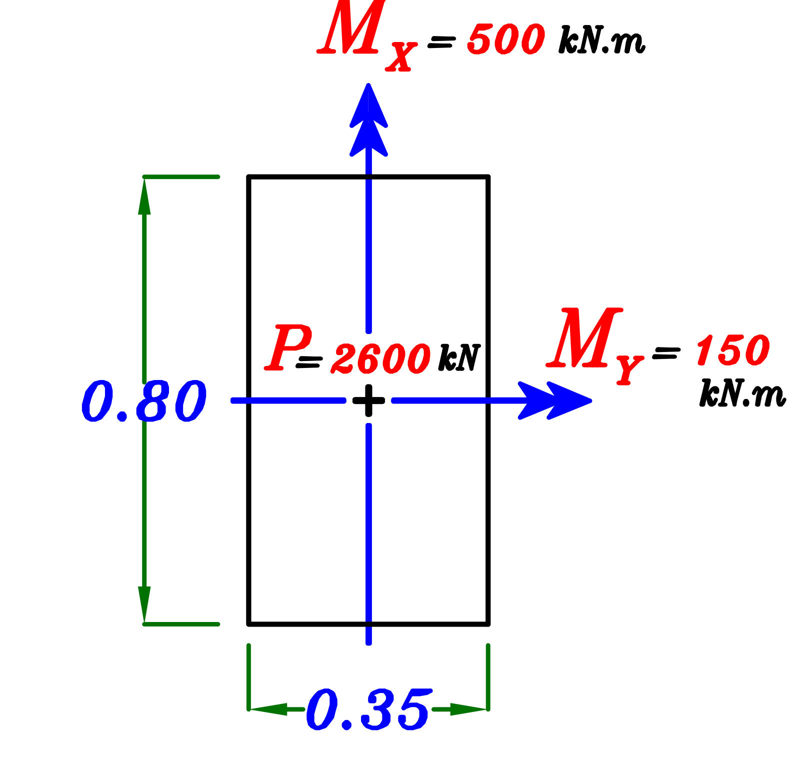
$F_{cu} = 30 \ N \backslash mm^2$

$F_y = 360 \ N \backslash mm^2$

$P_{U.L.} = 2600 \ kN$

$M_X (U.L.) = 500 \ kN.m$

$M_Y (U.L.) = 150 \ kN.m$



Req:

Design the Section with symmetric RFT.

$a = t_X - 50 \ mm = 800 - 50 = 750 \ mm = 0.75 \ m$

$b = t_Y - 50 \ mm = 350 - 50 = 300 \ mm = 0.30 \ m$

$\frac{M_X}{a} = \frac{500}{0.75} = 666.6$, $\frac{M_Y}{b} = \frac{150}{0.30} = 500$

$\frac{M_X}{a} > \frac{M_Y}{b} \longrightarrow$ Neglect M_Y and design the Sec. on $M_{X`}$

$$R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{2600 * 10^3}{30 * 350 * 800} = 0.31$$

$$\beta = 0.9 - \frac{R_b}{2} = 0.9 - \frac{0.31}{2} = 0.745 \begin{array}{l} > 0.6 \\ < 0.8 \end{array}$$

$$M_{X`} = M_X + \beta \left(\frac{a}{b}\right) M_Y$$

$$M_{X`} = 500 + 0.745 \left(\frac{0.75}{0.30}\right) 150 = 779.37 \ kN.m$$

Using Uniaxial I.D.

$M_{X'} = 779.37$ kN.m

$P = 2600$ kN

0.80

0.35

$$e = \frac{M}{P} = \frac{779.37}{2600} = 0.299 \text{ m}$$

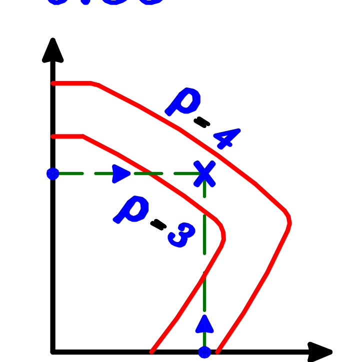
$$\zeta = \frac{800 - 100}{800} = 0.87 = 0.80$$

use ECCS Design Aids Page 4–24

$$\frac{P_U}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{2600 * 10^3}{30 * 350 * 800} = 0.31$$

$$\frac{M_U}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{779.37 * 10^6}{30 * 350 * 800^2} = 0.116$$

$$\rho = 3.6$$



$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4} = 3.6 * 30 * 10^{-4} = 0.0108$$

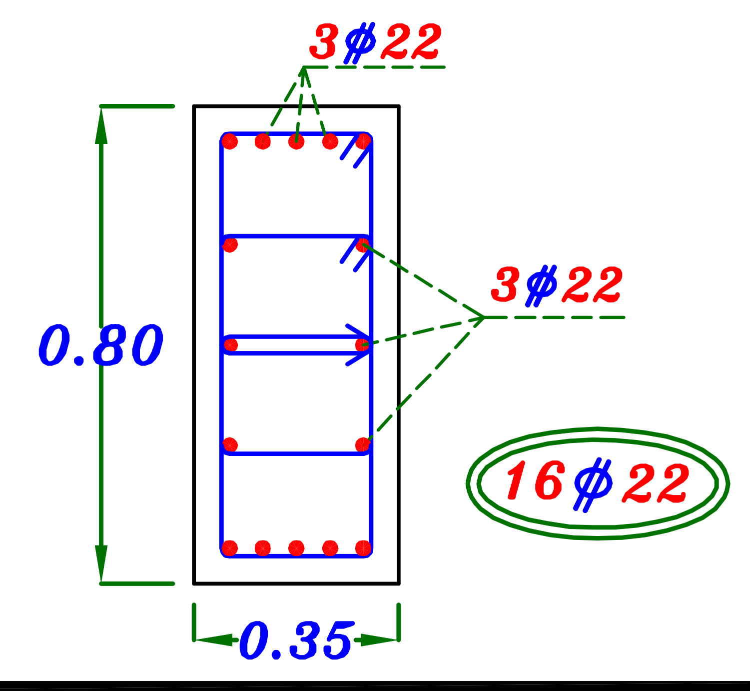
$$A_s = A_s' = \mu * b * t = 0.0108 * 350 * 800 = 3024 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\,Total} = A_s + A_s' = 2 * 3024 = 6048 \text{ mm}^2$$

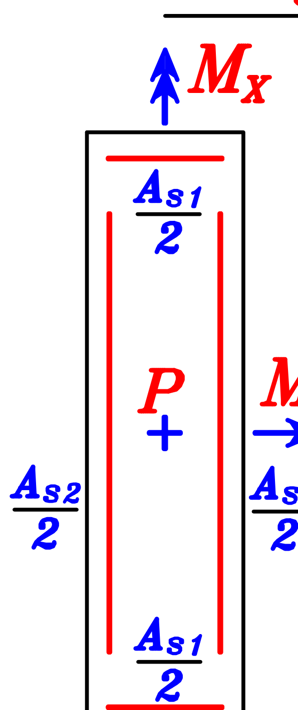
$$A_{s_{min}} = \frac{0.80}{100} * b * t = \frac{0.80}{100} * 350 * 800 = 2240 \text{ mm}^2 < A_{s_{total}}$$

Take $A_s = A_{s\,Total} = 6048 \text{ mm}^2$





2- Unsymmetrical RFT.



و فيها يتم حساب كميه تسليح كل moment
على حده و تقسيم هذا التسليح الى نصفين
و ممكن ان نستخدم هذه الحاله عندما يكون :

Load Level $$R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t} \leqslant 0.5$$

و عندما يكون العرض الكبير لا يقاوم ال moment الكبير
أو عندما يكون الفرق كبير بين طول و عرض القطاع
فلا يكون من المناسب ان نضع التسليح متساوى فى الاربع جهات .

تعتمد هذه الطريقه على ضرب قيمه كلا من M_X و M_Y فى معامل α_b

$$M_X` = \alpha_b * M_X \quad , \quad M_Y` = \alpha_b * M_Y$$

To calculate α_b

- Calculate $R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t}$ — يجب ان لاتزيد قيمه R_b عن 0.5
- Calculate the Ratio $\frac{M_X \backslash a}{M_Y \backslash b}$
- Calculate α_b From Table at Code page 6-61

R_b \ $\frac{M_X \backslash a}{M_Y \backslash b}$	∞	3.0	2.0	1.0	0.5	0.33	Zero
$R_b \leqslant 0.1$	1.0	1.20	1.25	1.30	1.25	1.20	1.0
$R_b = 0.2$	1.0	1.35	1.50	1.75	1.50	1.35	1.0
$R_b = 0.3$	1.0	1.25	1.35	1.40	1.35	1.25	1.0
$R_b = 0.4$	1.0	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.0
$R_b \geqslant 0.5$	1.0	0.65	0.70	0.75	0.70	0.65	1.0

Uniaxial I.D. ثم يتم تصميم القطاع مرتين باستخدام

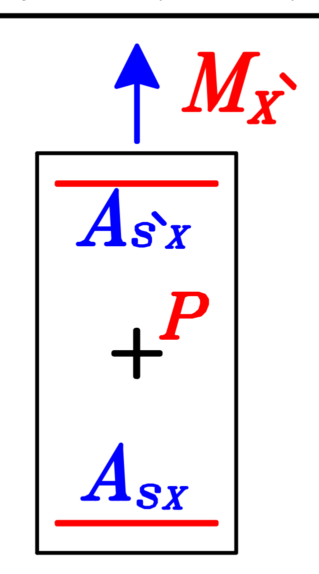
① Design on $P, M_{X`}$

Using Uniaxial I.D.

Get $A_{sX} = A_{s`X}$

ثم يتم وضع التسليح $A_{sX} + A_{s`X}$

فى الاتجاه الرأسى لمقاومه $M_{X`}$



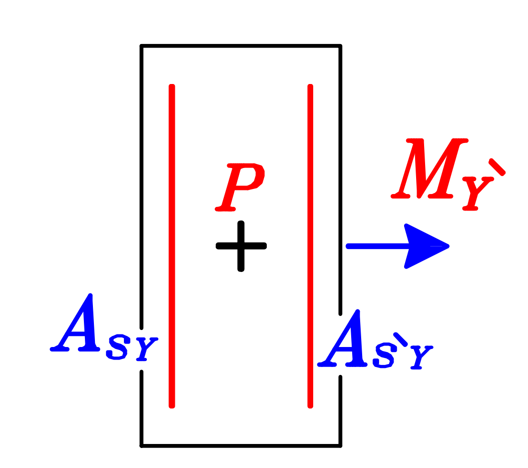
② Design on $P, M_{Y`}$

Using Uniaxial I.D.

Get $A_{sY} = A_{s`Y}$

ثم يتم وضع التسليح $A_{sY} + A_{s`Y}$

فى الاتجاه الافقى لمقاومه $M_{Y`}$



Check $A_{s\,min}$

يتم حساب $A_{sT} = A_{sX} + A_{s`X} + A_{sY} + A_{s`Y}$

و حساب $A_{s\,min} = \frac{0.80}{100} * b * t$

IF $A_{sT} > A_{s\,min} \xrightarrow{use} A_{sX}, A_{s`X}, A_{sY}$ & $A_{s`Y}$

IF $A_{sT} < A_{s\,min} \xrightarrow{use} A_{s\,min}$

يتم تقسيم قيمه A_s الكليه التى ستوضع فى القطاع على الاربع اتجاهات لكن بنسبه

$$\text{نسبه}\ \frac{M_X\ \text{مساحه الحديد الذى سيوضع فى اتجاه}}{M_Y\ \text{مساحه الحديد الذى سيوضع فى اتجاه}} = \text{نسبه}\ \frac{A_{SX}}{A_{SY}}$$

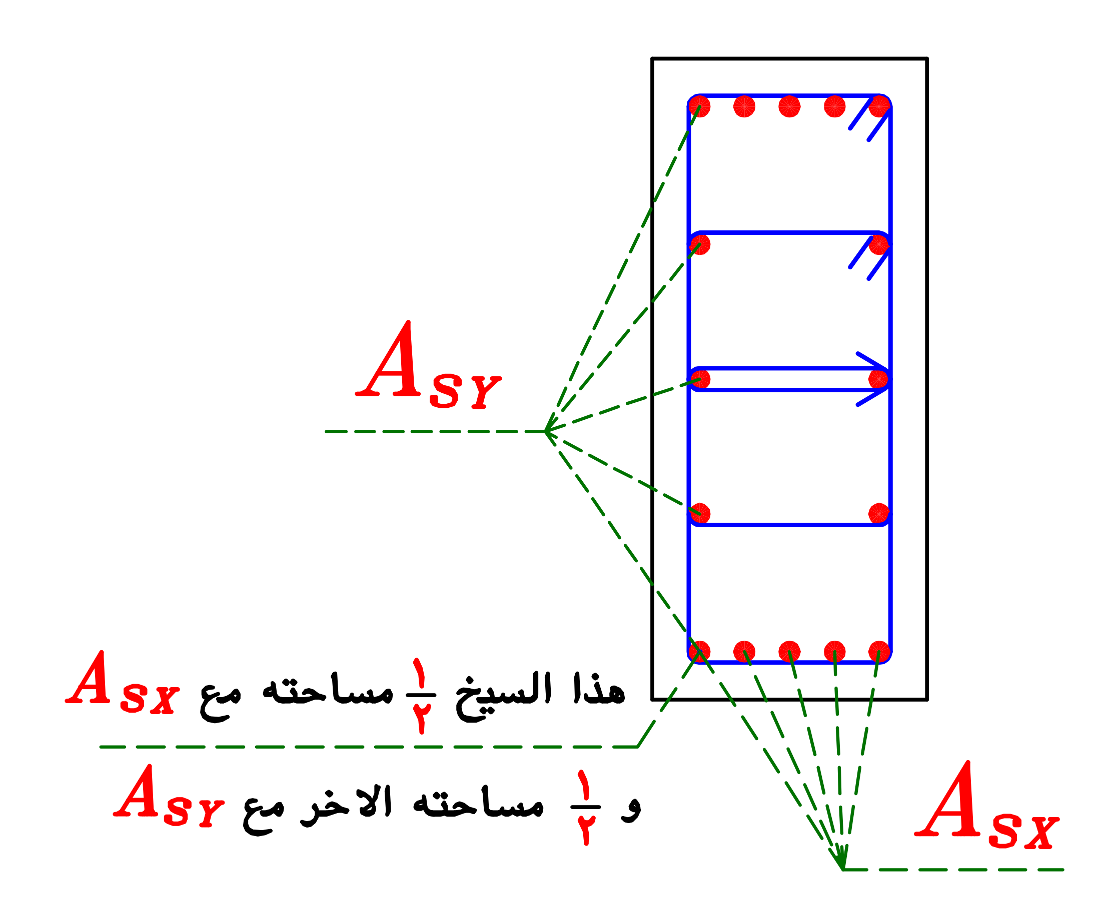
مع اخذ السيخ الذى سيوضع فى الركن نصف مساحته مع A_{SX} و النصف الاخر مع A_{SY}

$$\text{No. of Bars to resist } M_X = \frac{A_{SX}}{A_{SX}+A_{SY}} * \text{Total No. of bars}$$

و يتم تقسيم الحديد الى نصفين نصف اسفل القطاع و نصف اعلى

$$\text{No. of Bars to resist } M_Y = \frac{A_{SY}}{A_{SX}+A_{SY}} * \text{Total No. of bars}$$

و يتم تقسيم الحديد الى نصفين نصف جهه اليمين و نصف جهه اليسار.



Example.

Data:

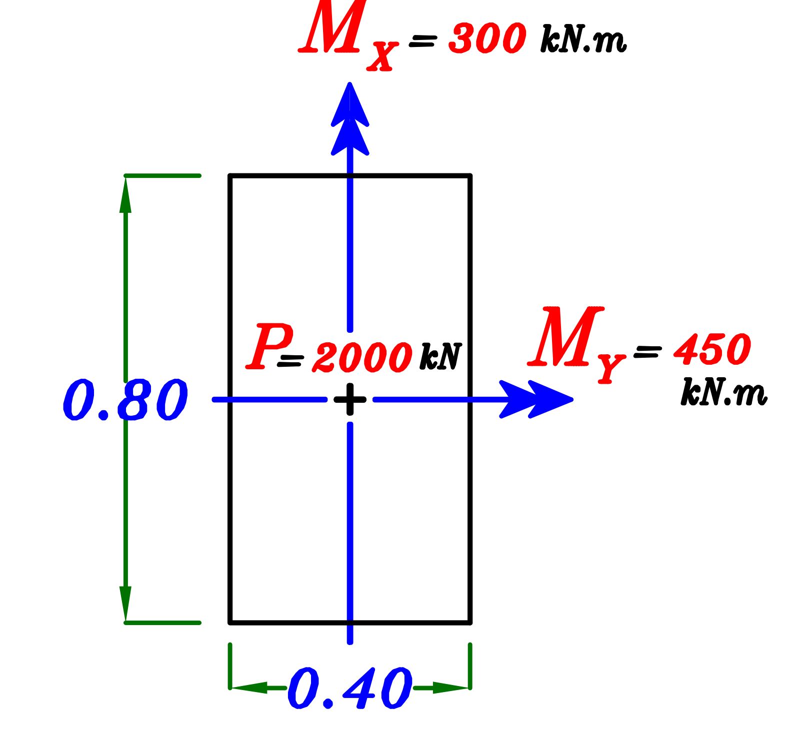
$F_{cu} = 30$ N\mm²

$F_y = 360$ N\mm²

$P_{U.L.} = 2000$ kN

M_X (U.L.) $= 300$ kN.m

M_Y (U.L.) $= 450$ kN.m



Req:

Design the Section with unsymmetric RFT.

$$R_b = \frac{P}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{2000 * 10^3}{30 * 400 * 800} = 0.208 < 0.5 \quad \therefore o.k.$$

$$a = t_X - 50\ mm = 800 - 50 = 750\ mm = 0.75\ m$$

$$b = t_Y - 50\ mm = 400 - 50 = 350\ mm = 0.35\ m$$

$$\frac{M_X}{a} = \frac{300}{0.75} = 400 \quad , \quad \frac{M_Y}{b} = \frac{450}{0.30} = 1500$$

$$\therefore \frac{M_X \backslash a}{M_Y \backslash b} = \frac{400}{1500} = 0.267$$

Calculate α_b From Table at Code page 6-61

R_b \ $M_X\backslash a$ / $M_Y\backslash b$	∞	3.0	2.0	1.0	0.5	0.33	Zero
$R_b \leqslant 0.1$	1.0	1.20	1.25	1.30	1.25	1.20	1.0
$R_b = 0.2$	1.0	1.35	1.50	1.75	1.50	1.35	1.0
$R_b = 0.3$	1.0	1.25	1.35	1.40	1.35	1.25	1.0
$R_b = 0.4$	1.0	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	1.0
$R_b \geqslant 0.5$	1.0	0.65	0.70	0.75	0.70	0.65	1.0

From Interpolation

$$\alpha_b = 1.24$$

$$M_X` = \alpha_b * M_X = 1.24 * 300 = 372 \text{ kN.m}$$

$$M_Y` = \alpha_b * M_Y = 1.24 * 450 = 558 \text{ kN.m}$$

Uniaxial I.D. ثم يتم تصميم القطاع مرتين باستخدام

$M_X` = 372$ kN.m

P=2000 +

0.80

0.40

① Design on $P, M_X`$

$$\zeta = \frac{800-100}{800} = 0.87 = 0.80$$

use ECCS Design Aids Page 4-24

$$\frac{P_U}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{2000 * 10^3}{30 * 400 * 800} = 0.208$$

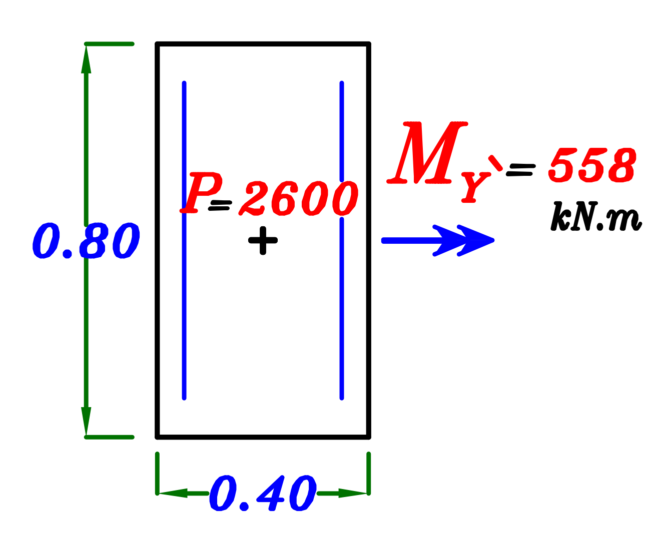
$$\frac{M_X`}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{372 * 10^6}{30 * 400 * 800^2} = 0.048$$

$\rho < 1.0 \rightarrow \rho = 1.0$

$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4} = 1.0 * 30 * 10^{-4} = 0.003$$

$$A_{sx} = A_{s`x} = \mu * b * t = 0.003 * 400 * 800 = 960 \text{ mm}^2$$

② Design on $P, M_Y`$



$$\zeta = \frac{400-100}{400} = 0.75 = 0.70$$

use ECCS Design Aids Page 4-25

$$\frac{P_U}{F_{cu}\, b\, t} = \frac{2000 * 10^3}{30 * 800 * 400} = 0.208$$

$$\frac{M_{Y}`}{F_{cu}\, b\, t^2} = \frac{558 * 10^6}{30 * 800 * 400^2} = 0.145$$

$\rho = 4.0$

$$\mu = \rho * F_{cu} * 10^{-4} = 4.0 * 30 * 10^{-4} = 0.012$$

$$A_{sY} = A_{s`Y} = \mu * b * t = 0.012 * 800 * 400 = 3840 \ mm^2$$

Check $A_{s\,min}$

$$A_{sT} = A_{sX} + A_{s`X} + A_{sY} + A_{s`Y} = 2 * 960 + 2 * 3840 = 9600 \ mm^2$$

$$A_{s\,min} = \frac{0.80}{100} * b * t = \frac{0.80}{100} * 400 * 800 = 2560 \ mm^2$$

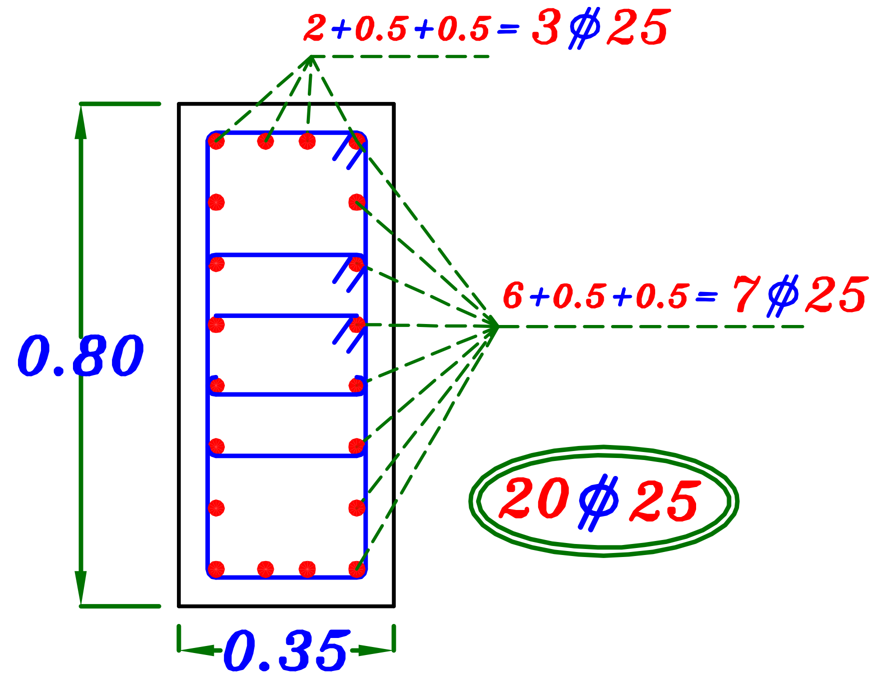
$\therefore A_{sT} > A_{s\,min}$ $\therefore$ Take $A_{sT} = 9600 \ mm^2 = 20\phi25$

نأخذ ٤ أسياخ فى الاركان و ال ١٦ سيخ المتبقيه سيتم توزيعهم على اتجاهى M_X و M_Y

على التوالى بنفس نسبة $A_{sX} : A_{sY}$ أى بنسبة $2604 : 1596$

No. of Bars to resist $M_X = \frac{960}{960 + 3840} * 16 = 3.2 = 4.0$ bars

No. of Bars to resist $M_Y = \frac{4416}{2604 + 3840} * 16 = 12.8 = 12.0$ bars



Special Case.

اذا كانت الكمره يؤثر عليها M_Y , M_X و لا يؤثر عليها P أى $R_b = Zero$

فمن المسموح أن نأخذ قيمه $\alpha_b = 1.0$

أى نصمم على قيم M_Y , M_X كما هم .

و يتم تصميم قطاع الكمره مرتين :

١ـ يتم تصميم قطاع الكمره على M_X فقط و تحديد قيمه A_{sX}

$$\text{Check} \quad A_{sX} > A_{s\,min} = \mu_{min}\, b\, d \xrightarrow{\text{IF not}} \text{Take } A_{sX} = A_{s\,min}$$

٢ـ يتم تصميم قطاع الكمره على M_Y فقط و تحديد قيمه A_{sY}

$$\text{Check} \quad A_{sY} > A_{s\,min} = \mu_{min}\, b\, d \xrightarrow{\text{IF not}} \text{Take } A_{sY} = A_{s\,min}$$

